

TREBALL FI DE GRAU

Grau en Enginyeria Electrònica Industrial i Automàtica

CIRCUIT CARREGADOR BALENCEJADOR DE BATERIES PER A DRONS



Memòria

Autor:	Bernat Ferré Pastor
Director:	Antoni Grau Saldes
Co-Director:	Juan Gámiz Caro
Convocatòria:	Octubre 2018



Resum

El següent projecte exposa els passos seguits en el disseny i muntatge d'un circuit capaç de carregar un tipus de bateria emprada normalment en aquells aparells tecnològics que necessiten d'una gran capacitat de voltatge i d'amperatge. Estem parlant concretament de les bateries tipus LIPO, i de les seves aplicacions en els aparells teledirigits o per radio-control.

En el cas exposat l'elaboració d'aquest circuit anirà desenvolupada sobre la bateria que utilitzarà un dron, altrament conegut com a vehicle aeri no tripulat. El projecte desembocarà en l'elaboració d'un circuit compost de diferents elements coneguts per al món de l'electrònica, com puguin ser resistències, amplificadors operacionals o transistors entre d'altres. Aquest circuit serà de preu reduït degut al baix cost dels components implementats.

EL circuit haurà de ser capaç de carregar cadascuna de les 6 cel·les de les quals consta la bateria, de forma independent a la resta de cel·les, és el que entenem per un circuit balancejat.

Per a poder obtenir els resultats adients, el circuit haurà de complir uns requisits previs, que garanteixin la correcta càrrega i descàrrega de la bateria, i també puguin assegurar la màxima durabilitat d'aquesta bateria. Per a poder fer-ho caldrà prèviament realitzar un estudi complet de les bateries tipus LIPO, per a poder comprendre el seu funcionament, les seves característiques, i les seves aplicacions.

Darrera modificació d'aquest document: 1 d'Octubre de 2018.

Resumen

El siguiente proyecto expone los pasos seguidos en el diseño y montaje de un circuito capaz de cargar un tipo de batería utilizada normalmente en esos elementos tecnológicos que necesitan de una gran capacidad de voltaje i de amperaje o corriente. Estamos hablando concretamente de las baterías tipos LIPO, i des sus aplicaciones en aparatos teledirigidos o por radiocontrol.

En el caso expuesto la elaboración de este circuito irá desenvuelta sobre la batería que utilizará un dron, o también conocido como vehículo aéreo no tripulado. El proyecto desembocará en la elaboración de un circuito compuesto por distintos elementos conocidos para el mundo de la electrónica, como puedan ser resistencias, amplificadores operacionales o transistores entre otros elementos. Este circuito será de precio reducido debido al bajo coste que tienen los componentes implementados.

Dicho circuito tendrá que ser capaz de cargar cada una de las 6 celdas de las que esta formada la batería, de forma independiente a las demás celdas, es lo que se entiende por un circuito balanceado.

Para poder obtener los resultados deseados, el circuito tendrá que cumplir con una serie de requisitos previos, que puedan garantizar la correcta carga i descarga de la batería, y puedan asegurar también la máxima durabilidad de dicha batería. Para poder hacerlo será necesario un estudio previo completo de las baterías tipo LIPO, para poder comprender su funcionamiento, sus características, y sus aplicaciones.

Abstract

The following project will talk about the steps done in the design and mounting of a circuit capable of charging a type of battery used normally in those technological devices that need a large amount of voltage and amperage. We are talking about the LIPO type batteries, and its applications in devices that are remote control.

In this case, the circuit will be designed by a batterie that would be used in a drone, also known as unmanned aerial vehicle. This project will develop in a circuit composed by some different elements known by everyone in the electronics field, as resistances, operational amplifiers, and transistors for example. This circuit will be cheap, due to the low cost of its elements.

The circuit will have to be capable of charging every one of the 6 cells, that the batterie has, each one without depending on the other 5 cells, it's what we understand by a balanced circuit.

In case we want to obtain some good results, the circuit will have to comply some previous requirements, that will allow the correct charge and discharge of the batterie, and will guarantee the maximum durability of the batterie. To do that previously will be needed an entire research about LIPO type batteries, to be capable of understanding its performance, characteristics and applications.



Agraïments

En primer lloc voldria agrair a la Universitat Politècnica de Catalunya, el fet de facilitar al alumne tots els serveis dels quals vol i pot disposar, tant en referència a material de laboratori, com a recursos d'informació utilitzant les seves biblioteques, com a recursos informàtics o de software.

Posteriorment m'agradaria agrair als dos tutors d'aquest projecte, Antoni i Juan, el suport mostrat al llarg de la duració del treball. Primerament per a donar-me l'idea sobre la qual elaborar aquest projecte, i posteriorment amb el suport i la resolució dels dubtes corresponents, que han anat sorgint al llarg de l'elaboració del treball.

Voldria agrair al Antoni la informació facilitada, per a tal d'encarar el projecte, els conceptes bàsics, i la possibilitat de poder seleccionar aquest tema com a treball de final de grau.

En segon lloc, agrair al Juan, tots els dubtes resolts en quant a l'electrònica del circuit, cada vegada que ens veiem, i li presentava un esquema que no funcionava, ell sempre em senyalava el motiu, i m'ajudava a solucionar-ho com es veurà més endavant. Sense ells dos això no hagués estat possible.

Donar les gràcies també a tots els companys, sobretot estudiants d'electrònica, elèctrica, i als companys d'altres especialitats que quan els he consultat, no han dubtat en contestar-me i ajudar-me, sempre que han pogut.

Agrair finalment a la família el suport moral donat al llarg de la realització d'aquest projecte, ja que sense ells això no hagués estat possible.



Glossari

- **S:** al costat d'un número i parlant sobre bateries, indicarà el nombre de cel·les en sèrie que formen la bateria.
- **P:** al costat d'un número i parlant sobre bateries, indicarà el nombre de cel·les en paral·lel que formen la bateria.
- **Cel·la:** en aquest cas, blocs individuals, que en conjunt formen la bateria sobre la que es parli.
- **C:** al costat d'un número i parlant sobre bateries, indicarà la velocitat de càrrega o descàrrega de la pròpia bateria.
- **A.O.:** abreviació emprada per amplificador operacional.
- **PCB:** abreviació anglesa de Printed Circuit Board.



Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	V
GLOSSARI	VII
1. PREFACI	6
1.1. Origen del treball	6
1.2. Motivació	7
1.3. Requeriments previs	7
2. INTRODUCCIÓ	9
2.1. Objectius del treball	9
2.1.1. Objectius de l'estudiant	9
2.2. Abast del treball	10
3. DRON	11
3.1. Que s'entén per a Dron?	11
3.2. Diferents tipus de Drons existents	12
3.3. Aplicacions i utilitzacions dels Drons	12
4. BATERIES	14
4.1. Què és una bateria?	14
4.2. Teoria de la bateria	15
4.2.1. Reacció química	16
5. BATERIES TIPUS LIPO	17
5.1. Característiques principals de les Bateria LIPO	18
5.1.1. Característica "S" o Voltatge	18
5.1.2. Característica "C" o velocitat de descàrrega	19
5.1.3. Capacitat de la bateria	20
5.2. Càrrega de les bateries tipus LIPO	20
5.2.1. No excedir la tensió màxima de la cel·la	20
5.2.2. Corrent de càrrega a la bateria	21

5.3.	Càrrega Balancejada	22
5.4.	Manteniment de les bateries LIPO	22
6.	CARREGADOR	24
6.1.	Definició	24
6.2.	Tipus de carregadors	24
6.2.1.	Carregador bàsic	24
6.2.2.	Carregador mitjà	25
6.2.3.	Carregador avançat.....	25
6.3.	Característiques a tenir en compte alhora d'escollir un carregador	26
6.3.1.	Sèrie d'actuacions a realitzar	26
7.	BATERIA ESCOLLIDA	28
8.	CONNECTOR ESCOLLIT	29
9.	BALANCEJAT	30
9.1.	Cel·la per a carregar	30
9.2.	Cel·la carregada	31
10.	CIRCUIT A DISSENYAR	32
11.	AMPLIFICADOR OPERACIONAL LM358N	37
11.1.	Característiques	37
11.2.	Funció a desenvolupar dins del disseny	38
12.	TRANSISTOR DARLINGTON BDX53/BDX54	40
12.1.	Característiques	41
12.2.	Funcions a desenvolupar dins del disseny	42
13.	ZENER TL431	43
13.1.	Característiques	44
13.2.	Funcions a desenvolupar dins del disseny	44
14.	SIMULACIÓ PROTEUS	46
14.1.	Simulació circuit general.....	48
14.2.	Simulació bifurcació de corrent.....	52
14.3.	Simulació imparells.....	53
14.4.	Simulació cel·la	56
14.4.1.	Cas cel·la carregada.....	57

14.4.2. Cas cel·la descarregada	58
15. DISSENY PCB EAGLE	60
16. MATERIALS I COMPONENTS EMPRATS	66
16.1. Components electrònics	66
16.2. Instruments	68
16.3. Eines	69
17. PROBA DE CAMP O LABORATORI	71
17.1. Cel·la individual	72
17.2. Circuit complet	75
18. ERRORS EN EL PROCÉS DE DISSENY	85
19. MILLORES	88
19.1. Circuit imprès	88
19.2. Utilització d'un mòdul previ	88
19.3. Control de tensió i temperatura	89
19.4. Augmentar la velocitat de càrrega	90
19.5. Disseny d'entorns informàtics per a poder controlar externament l'estat del conjunt	91
20. ANÀLISI DE L'IMPACTE AMBIENTAL	93
CONCLUSIONS	96
BIBLIOGRAFIA I WEBGRAFIA	98
Llibres	98
Webgrafia	98
Altres documents	99

Índex Figures

Figura 1. Reacció REDOX FONT: androidauthority	16
Figura 2. Bateria escollida per alimentar al dron. FONT: rc-innovations	28
Figura 3. Connector escollit per al disseny global. FONT: digikey	29
Figura 4. Captura PROTEUS del disseny general	33
Figura 5. Captura PROTEUS disseny detallat	34
Figura 6. Captura PROTEUS circuit previ	35
Figura 7. Captura PROTEUS disseny interior circuit corresponent a cel·la	36
Figura 8. Diagrama intern LM358N FONT: datasheet	37
Figura 9. Forma i enumeració de pots dels transistors Darlington FONT: datasheet	40
Figura 10. Diagrama intern Darlington FONT: datasheet	41
Figura 11. Diagrama intern TL431 FONT: datasheet	43
Figura 12. Esquema enumeració pots TL431 FONT: datasheet	43
Figura 13. Captura Proteus circuit simulacions	46
Figura 14. Captura PROTEUS error simulació	47
Figura 15. Captura PROTEUS circuit complet simulant	48
Figura 16. Captura PROTEUS simulació detallada	49
Figura 17. Captura PROTEUS corrent entrada simulació	49
Figura 18. Captura PROTEUS simulació excepte cel·la 2	50

Figura 19. Captura PROTEUS dades tensió global en BAT4	51
Figura 20. Captura PROTEUS bifurcació corrent carregada	52
Figura 21. Captura PROTEUS bifurcació corrent carregant	53
Figura 22. Captura PROTEUS general imparells	54
Figura 23. Captura PROTEUS imparells detallada	55
Figura 24. Captura PROTEUS imparells detallada versió 2	56
Figura 25. Captura PROTEUS simulació cel·la dades carregada	57
Figura 26. Captura PROTEUS dades detall	58
Figura 27. Captura PROTEUS simulació cel·la dades descarregada	58
Figura 28. Disseny esquemàtic EAGLE	60
Figura 29. Disseny PCB amb components	62
Figura 30. PCB negre	63
Figura 31. PCB negre invertit	64
Figura 32. Muntatge cel·la individual	72
Figura 33. Cel·la individual funcionant	73
Figura 34. Cel·la individual descarregada	73
Figura 35. Cel·la individual carregada	74
Figura 36. Muntatge circuit complet	76
Figura 37. Muntatge circuit complet funcionant	78

Figura 38. Fotografia detallada muntatge complet funcionant	79
Figura 39. Muntatge complet funcionant 30V	80
Figura 40. Muntatge complet funcionant 4,2V	81
Figura 41. Muntatge complet imparells funcionament	83
Figura 42. Muntatge detallat imparells funcionament	84
Figura 43. Mòdul alimentació previa FONT: rs-online	89

Índex Taules

Taula 1. Tensió en bateria segons nombre de cel·les	18
Taula 2. Components circuit previ	66
Taula 3. Components cel·la	67
Taula 4. Instruments necessaris	68
Taula 5. Eines emprades	69
Taula 6. Impacte ambiental	94



1. Prefaci

Com es sap en ciència, l'energia ni es crea ni es destrueix, per a tant, avui en dia es molt important que l'ésser humà sigui capaç de transformar aquesta energia, o per dir-ho d'una altra forma generar-la i aprofitar-la. Però el que és més important, hem de ser capaços de poder guardar-la o emmagatzemar-la, per a tal de poder treure'n el màxim profit.

Aquest projecte tractarà sobre l'elaboració d'un circuit capaç de balancejar la càrrega d'una bateria tipus LIPO escollida per a alimentar un dron. Aquest tipus de bateries s'estan emprant cada cop més en diferents aparells i aspectes de la nostra societat, i si no tipus de bateries derivades, degut a la seva gran capacitat en petits volums, i a la seva gran capacitat d'emmagatzemar energia.

1.1. Origen del treball

La idea d'aquest projecte és una proposta del departament de Robòtica i Automàtica de l'Escola d'Enginyeria de Barcelona de l'Est. El tutor del treball i professor de l'escola Antoni Grau, treballa en l'elaboració i creació d'un dron per a diverses aplicacions formatives, tant de programació com de recerca. Òbviament el projecte d'aquest dron consta de l'implicació d'altres professors de la UPC, i d'altres enginyers.

Per al dron s'escull una bateria tipus LIPO, sobre la qual es desenvoluparan més conceptes al llarg d'aquest treball, que ha de ser capaç d'alimentar tant al dron, com si fos necessari als altres elements que aquest vehicle pogués tripular, com ara sensors (velocitat, posició, etc.), càmeres, sondes, o qualsevol dels possibles complements o accessoris que se li posessin al dron per a tal de realitzar diferents tasques.

Un cop arribat a aquest punt, es proposa com a possible treball de final de grau, que un alumne desenvolupi el carregador necessari per a la bateria esmentada. Això es fa així degut a que el fet de comprar-ne un externament, podria no complir els requisits de mida, i així podria abaratir costos.

1.2. Motivació

El fet de poder entendre allò desconegut sempre ha sigut una de les meves motivacions personals, i em costava molt d'entendre com uns elements tant petits, i amb uns materials de construcció tant bàsics, podien volar, i fer-ho a les velocitats que ho fan els drons. Així doncs vaig tenir clar quan vaig veure la possibilitat de realitzar aquest treball, que ho havia d'intentar.

En el món actual és molt difícil, poder generar o transformar quantitats d'energia per a determinades aplicacions, i el fet de poder emmagatzemar-la correctament és molt important en la nostra societat. Per a tant poder aprofundir en coneixements sobre bateries fa que això sigui un punt a favor a tenir en compte.

El camp dels drons, UAV, o vehicles no tripulats, està actualment en constant desenvolupament i investigació, això sumat al fet de treballar sobre bateries em va impulsar a seleccionar aquest projecte.

1.3. Requeriments previs

Abans de començar a endinsar-se en un projecte com aquest com a coneixements previs es destaquen els següents:

1. Coneixement de l'Anglès. Qualsevol projecte o treball realitzat avui en dia en el camp de la ciència i més concretament en el camp de l'enginyeria, consta d'un previ estudi i d'una recerca de recursos d'informació adients per a l'elaboració d'aquest. La gran majoria de documents, articles, llibres, informació general, o fitxes de dades (datasheets), estan en aquesta llengua, així que un bon domini d'aquesta és indispensable per adquirir els coneixements necessaris.
2. Coneixements previs d'electrònica. Per a poder no ni tant sols fer, si no comprendre aquest projecte calen coneixements previs d'electrònica a tots els seus nivells, tant d'analògica, com de potència, d'instrumentació electrònica i també si fos adient de digital.

2. Introducció

En el moment d'elaborar un projecte d'aquestes característiques cal prèviament fixar-se uns objectius, per a tal de mirar d'assolir-los al llarg de la realització d'aquest treball. Això és útil per a tal de determinar els intervals de temps a seguir, organitzar-se i saber quan es pot assolir o no la resolució del projecte.

2.1. Objectius del treball

La finalitat d'aquest projecte és l'elaboració d'un circuit capaç de carregar de forma correcta una bateria tipus LIPO, concretament 6S. La dificultat del treball escau en les dimensions que ha de tenir aquest circuit, degut a que al estar situat dins del dron, no pot superar uns límits de volum i pes.

Primordialment el disseny ha de ser capaç de carregar una bateria LIPO 6S de forma correcta. També cal, que el sistema dissenyat garanteixi uns mínims de seguretat, per a tal de garantir la major durada possible de la bateria.

2.1.1. Objectius de l'estudiant

Personalment cal fixar-se uns objectius per anar assolint al llarg de la realització del treball:

- Aprofundir en coneixements sobre les bateries, concretament les LIPO.
- Ser capaç de realitzar el circuit que compleixi les funcions ja comentades, i pugui carregar la bateria de forma correcta.
- Millorar les fonts de recerca d'informació.
- Ser capaç d'aprendre sobre els errors que vagin sorgint al llarg del projecte.
- Poder adquirir coneixements sobre nous programes informàtics en el cas que fos necessari, com per exemple, nous programes de simulació de circuits.
- Poder arribar a la solució final, o a la forma més propera possible a aquesta.

2.2. Abast del treball

El treball està enfocat al disseny i muntatge d'un circuit capaç de carregar de forma balancejada, la bateria d'un dron. Per a poder dotar el treball de la categoria que li pertoca caldrà realitzar les següents tasques:

1. Recerca i estudi d'informació sobre les bateries, sobretot en el tema referent a l'energia i a l'emmagatzematge d'aquesta.
2. Realitzar un estudi exhaustiu de les bateries tipus LIPO i explicar-ne totes les seves característiques i particularitats.
3. Entendre i realitzar un estudi sobre els carregadors. Sent capaços d'exposar els seves particularitats i funcionalitats principals. Buscar un carregador comercial per a tal de poder facilitar-ne l'estudi, i si fos possible, facilitar la confecció del circuit a dissenyar.
4. Poder crear un disseny que s'adeqüi a les característiques del tipus LIPO emprat en el dron.
5. Poder simular aquest disseny mitjançant software informàtic per a tal de poder comprovar el funcionament del circuit.
6. Implementar el circuit físicament amb la prèvia compra o obtenció dels materials necessaris.

3. Dron

Tot i no ser de vital importància per al treball en concret, i no intervenir en el disseny del circuit. Es pot realitzar un estudi bàsic a mode d'introducció per al element sobre el qual va destinat el projecte que en aquest cas correspon al dron.

3.1. Que s'entén per a Dron?

Com ja s'ha comentat prèviament, aquest projecte va destinat a un dels elements que conformen un dron, que s'està elaborant a la Universitat Politècnica de Catalunya, amb diferents professors, per a tal de treballar en recerca i aprenentatge mitjançant aquest.

Un dron per a definició és un vehicle aeri que vola sense tripulació. Són altrament coneguts com a vehicles aeris no tripulats, o amb l'abreviació UAV(Unmanned Aerial Vehicle), provinent del anglès. Els drons, han de ser capaços de mantenir un vol sostingut i controlat, de manera autònoma i han de tenir una propulsió a bord, normalment elèctrica, tot i que en alguns de caire més professional o militar poden ser de propulsió amb motor d'explosió, o de motors de reacció, però ja estem parlant de drons molt més grans.

Els més utilitzats comercialment a nivell bàsic d'usuari solen estar formats per quatre hèlixs, que són els anomenats en anglès "*quadcopters*". Avui en dia molts dels drons més accessibles econòmicament estan fets de plàstic, i això fa que alleugereixin molt el seu pes, i que amb motors elèctrics de poca potència, aquests puguin arribar a obtenir grans velocitats a l'aire.

El rang de preu dels drons per a un consumidor novell, és a dir, una persona que el vol per aprendre a fer-lo volar, pot oscil·lar entre els 50€ i el 1000€-1500€. Si es considera un dron de les marques més famoses, com ara puguin ser DJI, Syma o la mateixa GoPro. Estem parant d'un tamany de dron raonable, i amb unes especificacions i durada de vol que valguin el preu que es paga, tot i no sortir de la gamma d'entrada. Cal comentar, que per descomptat hi ha drons per menys de 50€, que tenen la mida d'un telèfon mòbil i que tenen duracions de vol de minuts, però estem parlant d'una categoria molt bàsica en quan a prestacions.

Cal esmentar el gran ventall de possibilitats que ofereix un dron, degut a la seva mida, pot accedir ràpidament, a llocs difícilment accessibles per a un humà, o per un vehicle tripulat, i cal fer referència també al gran nombre de complements que es poden afegir als drons, com ara càmeres o sensors entre d'altres.

3.2. Diferents tipus de Drons existents

Tot i que els drons poden tenir gran varietat de formes, composició i nombre d'hèlixs, mètodes de propulsió, materials de construcció, accessoris o elements a bord, en si els drons es poden dividir en dos grans grups.

El primer grup el formen aquells drons els quals per a volar, necessiten ser controlats, des de una ubicació. Aquesta ubicació pot ser via ràdio-control estan en el mateix lloc on es vola el dron però a terra per exemple. Però també inclou aquells drons, que poden ser controlats i conduïts a distància mitjançant per exemple una connexió per satèl·lit, com podrien ser els d'ús militar, i conduir-los a través d'una pantalla, ja sigui amb una càmera a bord, o fent ús de les imatges d'un altre satèl·lit.

El segon grup de drons està compost per aquells drons que volen per programació. És a dir, són aquells drons capaços d'anar des de un punt A fins a un punt B, sense la necessitat de controlar-ne el vol. Aquests drons poden volar ja sigui mitjançant la GEO-localització, sensors de posició, o altres elements que siguin capaços d'indicar a la programació interna del dron on es troba i on ha d'anar.

3.3. Aplicacions i utilitzacions dels Drons

Per a concloure aquest primer apartat introductori en referència als drons, s'esmentaran algunes de les diferents aplicacions per a les quals es pot fer un dron.

- Dissenyar i crear un dron per a una funció específica. Molts dels drons són creats de manera individual o autònoma per a tal de desenvolupar una funció molt concreta, i són de ús i creació pròpia.
- Competició. Existeixen diferents tipus de competicions, ja siguin d'acrobàcies o de velocitat en referents a drons molt petits però amb grans potències, i que agafen velocitats molt elevades.
- Militar. Malauradament molts dels usos de la tecnologia avui en dia són militars, la capacitat de poder sobrevolar certs llocs amb estratègia militar sense tripulants a bord, suposa avantatge, gran recaptació sobre l'enemic, i altres esdeveniments més catastròfics per a la vida humana.
- Recaptació d'informació. El fet de poder afegir al dron, càmeres i sensors, pot aportar gran quantitat d'informació en llocs als quals és molt difícil accedir a peu, i així acumular proves sobre el terreny.
- Seguretat. En gran quantitat d'instal·lacions privades o públiques s'empren drons per a la vigilància d'aquestes.

- Agricultura. Es poden emprar grans drons, o d'altres de tamany més reduït, ja sigui per a la gestió o cuidat de cultius.
- Cossos de seguretat. Diferents cossos de seguretat del estat o del govern, com ara puguin ser els Mossos d'Esquadra, tenen drons, per a tal de poder controlar les persones, en punts on hi hagi gran acumulació de gent, i poder actuar millor i amb més precisió.
- Transport. Els drons poden transportar tant paqueteria com diversos materials, ja sigui a dins d'una mateixa nau o empresa, o exteriorment.
- Serveis forestals. Els drons poden estar constantment boscos en perill d'incendi i informar per exemple si detecten foc o un augment inesperat de la temperatura.
- Creació de contingut audiovisual. El fet de poder gravar des de l'aire mitjançant una càmera a bord, pot oferir fotografies i vídeos que abans era molt més costós d'obtenir, per al petit o mitjà usuari.
- Altres aplicacions. Els drons poden ser emprats entre d'altres en: Zoologia, Cartografia, Biologia, i infinitud més d'aplicacions científiques i personals.

4. Bateries

Prèviament a la confecció i disseny del circuit a muntar, caldrà realitzar un estudi de les bateries, tant de forma general, com en apartats posteriors més específicament en les LIPO. Això ens permet assentar les bases de coneixement necessàries per a poder treballar sobre les bateries. En aquest punt del treball, es realitzarà un estudi que ens permetrà saber-ne l'origen i la funcionalitat de les bateries, sobretot en la càrrega i descàrrega d'aquesta, i el seu comportament d'emmagatzematge d'energia.

4.1. Què és una bateria?

El que un usuari estàndard pot entendre per a bateria, és aquell element capaç d'alimentar o subministrar energia a aquell aparell elèctric o electrònic, per a tal de que aquest pugui funcionar o engegar-se de manera autònoma. És a dir, tothom sap de la funció que realitza la bateria del seu mòbil, o de la funció de la bateria del seu cotxe. Però caldria aprofundir sobre la definició de bateria, i com està aquesta normalitzada en diferents diccionaris.

Per definició trobem en el DIEC (Diccionari Institut d'Estudis Catalans) com a:

- **Bateria elèctrica** Reunió de piles, de botelles de Leiden, etc.
- **Bateria elèctrica** Agrupament d'acumuladors connectats en sèrie o paral·lel.

Si aprofundim en el mateix diccionari per a l'entrada d'acumulador obtenim:

- **Acumulador-a** Dispositiu electroquímic reversible que pot retornar l'energia elèctrica que ha emmagatzemat quan el sistema que conté ha estat sotmès a electròlisi. *Acumulador de plom, alcalí.*

Si analitzem les entrades en el diccionari de la RAE (Real Academia Española) obtenim el següent per a les diferents entrades:

- **Batería** Acumulador o conjunto de acumuladores de electricidad.
- **Acumulador, ra** Pila reversible que acumula energía durante la carga y la restituye en la descarga.

4.2. Teoria de la bateria

Per a bateria electrònica entenem doncs, aquell dispositiu altrament anomenat pila, capaç de generar energia elèctrica mitjançant un procediment capaç d'obtenir aquesta energia, a través d'una reacció química. Aquestes poden estar formades per a dues o més cel·les electroquímiques connectades en sèrie, com més endavant es veurà en aquest projecte. La reacció química que sigui capaç de generar aquesta energia i transformar-la, ens indicarà el tipus de cel·la electroquímica, ja sigui galvànica, electrolítica, piles de combustible, voltaïques entre d'altres reaccions.

Cal diferenciar entre bateries recarregables (acumuladors) i bateries o piles d'un sol ús. Com el seu propi nom indica, les d'un sol ús, no tornen a funcionar, un cop s'acaben els reactius que activen la reacció química. Per contra les recarregables, es poden emprar en diferents ocasions, degut a la capacitat de poder modificar l'estat dels elements que la componen, i revertir la reacció química, en la qual es basa el seu funcionament.

Una bateria esta bàsicament dividida en dos parts bàsiques. Aquestes parts bàsiques són els anomenats pols, dels quals un és el positiu i l'altre el negatiu. Els electrons, de càrrega negativa, viatgen del pol negatiu cap al pol positiu, si aquest moviment d'electrons no es produeix, no té lloc la reacció química de la pila o bateria en qüestió.

Com ja s'ha comentat en aquest apartat per a poder tenir una bateria cal tenir dos o més cel·les. S'entén com a bateria la unió de diferents cel·les, ja sigui en sèrie o paral·lel. Amb diferents quantitats i combinacions de cel·les es podran obtenir diferents valors de capacitat i tensió.

Una cel·la esta integrada per dos elements distintius i bàsics els quals realitzen una funció, que permetrà desenvolupar la reacció química dins la cel·la.

- **Electròdes:** Una cel·la esta formada per dos electròdes, un de positiu i un de negatiu. Aquests electròdes, seran els encarregats d'entrar en contacte amb el medi, i permetran l'entrada o sortida de corrent, dels electrons en aquest cas, del medi no metàl·lic capaç de moure el corrent d'un electròde cap a l'altre.
- **Electròlit:** És el medi no metàl·lic encarregat d'unir els dos electròdes, mitjançant partícules de càrrega o ions lliures, capaços de moure's d'un electròde a l'altre. Per a què això sigui possible l'electròlit s'ha de poder sotmetre a electròlisis, cosa que consisteix en la dissolució a través del corrent elèctric del medi, que permeti que els ions que formen aquesta substància estiguin presents en la dissolució de forma lliure, per a poder moure's i transportar la càrrega.

4.2.1. Reacció química

La reacció química sobre la qual es basa el funcionament d'una cel·la o pila, i en conseqüència, si s'agrupen les bateries, és una reacció al·trament coneguda com a reacció REDOX, o reacció d'oxidació-reducció. Aquesta reacció es basa en la propietat de cedir electrons (reductor) d'una de les dues substàncies que formen la reacció, i en la propietat d'acceptar o absorbir aquets electrons per l'altre substància (oxidant). Cada element o substància de la reacció, correspon a un dels dos electròdes que formen la cel·la.

L'anomenat ànode de la cel·la correspon a l'electròde negatiu, i és on té lloc la reacció d'oxidació, que proveeix el sistema d'electrons. Per altre banda l'electròde positiu correspon al càtode, on hi té lloc la reacció de reducció, encarregada de consumir o absorbir els electrons del sistema.

Si es tracta d'una bateria recarregable, com ja s'ha comentat, aquest procés es reversible, fent que així les bateries no siguin d'un sol ús. Així doncs, qualsevol dels electròdes es podrà oxidar o reduir, en funció de si a la cel·la se li connecta una càrrega i aquesta es descàrrega, o bé si s'aplica corrent elèctric per a carregar la bateria.

En el procés de càrrega de la bateria es genera una alliberació d'electrons a l'electròlit o medi no metàl·lic, provocant així un augment de tensió a la pila. Per contra en el procés de descàrrega, la càrrega o impedància connectada a la pila, demanen un excés de corrent, cosa que provoca mitjançant el moviment dels ions dins la pila, una baixada en la tensió de la pila.

Cal comentar que existeixen diferents tipus de bateria, en funció dels materials i elements que les componen, com ara podrien ser: Zinc, sulfat de Coure i sulfat de Zinc, Plom, Òxid de Níquel, Ferro, o en el cas que ens interessa Liti, concretament en forma de polímer (LIPO).

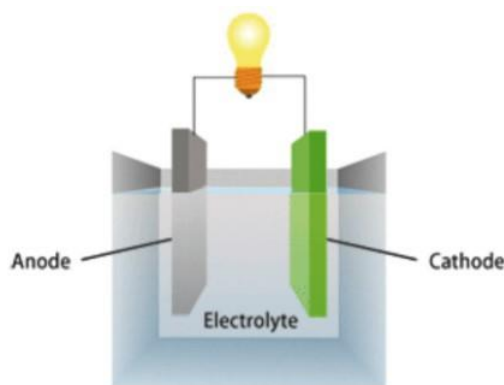


Figura 1. Reacció REDOX FONT: androidauthority

5. Bateria tipus LIPO

Per acotar bé la dimensió del projecte a realitzar, caldrà aprofundir sobre les bateries de tipus LIPO, degut a que ha sigut el tipus de bateria seleccionat per a alimentar el dron. Aquestes bateries, van ser creades a finals del segle passat, i van començar a aparèixer al mercat prop dels anys 1995-1996.

Les bateries LIPO, són bateries recarregables, formades per Liti, concretament de polímer de Liti. La seva abreviatura de LIPO correspon al element que la forma, i al polímer, altres abreviatures conegudes per aquest tipus de bateria, poden ser Li-poli, Li-Pol, LiPo, LiP, PLI o LiP, en funció del país o llenguatge, tot i que la més coneguda sigui la LIPO.

Les bateries LIPO estan basades òbviament en l'intercanvi d'electrons entre el material de l'electròde negatiu, i del electròde positiu, seguint així doncs el mateix principi que les bateries de ions, concretament en aquest cas de liti. Cal comentar que prèviament a les LIPO, ja existien bateries de Liti, i a mitjans del segle XX van sorgir bateries de ions de Liti, fins acabar desenvolupant les LITI a finals del segle XX.

Com qualsevol instrument o element que ens trobem en la vida quotidiana, el fet d'utilitzar una bateria tipus LIPO, ens aportarà una sèrie d'avantatges respecte a la resta de tipus de bateries existents en el mercat:

- Tenen una capacitat molt elevada respecte a altres bateries, això ens permet en unes dimensions més reduïdes emmagatzemar més energia.
- Poden descarregar-se fàcil, i ràpidament si es connecta una càrrega o impedància. Això permet emprar-les en elements, aparells o circuits que necessitin una gran quantitat de voltatge o corrent.
- Són molt mal·leables en fabricació i lleugeres, això en permet l'elaboració de diverses mides i formes.

No hi poden existir avantatges sense inconvenients, i com a tal, les bateries tipus LIPO s'han de tractar amb molta cura, sobretot en tema intern en referència al voltatge. Una bateria LIPO, mal carregada, mal descarregada, o conservada d'una forma no adient, podria comportar, una reducció dels cicles de càrrega d'aquesta, que la bateria no rendeixi al seu màxim nivell, que s'infla, o que fins i tot acabi cremant o explotant.

5.1. Característiques principals de les Bateries LIPO

Comentant el seu principi de funcionament, i les seves avantatges principals no obtenim els coneixements necessaris per a tal de poder elaborar el disseny del circuit adequat al projecte. En aquest apartat es comentaran les característiques bàsiques de les bateries LIPO, i el que cal sempre tenir en compte alhora de comprar-les utilitzar-les, o estudiar-les.

5.1.1. Característica “S” o Voltatge

Un dels elements bàsics i característics de qualsevol bateria és el voltatge o tensió que poden assolir o tenir. Concretament si ens fixem en les bateries tipus LIPO, veiem que el voltatge de cadascuna de les cel·les que la componen, es mostra en un valor carregat en els 3,7V, arribant a un màxim de 4,2V assolint així els valors de bateria completament carregada. Així doncs per a una bateria d'una cel·la obtindríem un màxim de 4,2 V.

Això comporta una característica que distingeix a les LIPO per sobre dels altres tipus de bateria, com ara les de NiCd, les bateries de Níquel Cadmi, proporcionen en condicions estàndard, una tensió aproximada de 1,25V arrodonint 1,2V. Aquest fet, permetrà a les bateries LIPO, aconseguir un major voltatge amb un nombre menor de cel·les que les NiCd per exemple.

El nombre de cel·les ve donat per la lletra S (en sèrie), fent així doncs les següents analogies. Una bateria LIPO 4S estarà formada per quatre cel·les en sèrie, donant un voltatge final de 14,8V. Les bateries LIPO actualment al mercat poden constar de diferents cel·les, si calculem els valors de tensió que ens proporcionaran en funció del nombre de cel·les obtindrem els següents valors:

NOM	NOMBRE DE CEL·LES	TENSIÓ TOTAL
1S	1	3,7V
2S	2	7,4V
3S	3	11,1V
4S	4	14,8V
5S	5	18,5V
6S	6	22,2V

Taula 1. Tensió en bateria segons nombre de cel·les

La taula anterior mostra la tensió obtinguda en funció del nombre de cel·les en sèrie, calculant els valors amb els 3,7V de càrrega per a cada cel·la de la bateria.

Com ja s'ha comentat amb anterioritat en aquest document, les bateries no tant sols es poden formar agrupant cel·les en sèrie si no també en paral·lel. Per a notificar doncs que tenim cel·les en paral·lel, es fa servir la lletra "P", tot i que en el nostre cas, en un principi, no ens hi trobarem. Així doncs una bateria 4P estaria formada per 4 cel·les en paral·lel, obtenint així una major capacitat en la bateria.

Cal a dir, que aquesta nomenclatura "S" i "P" es pot emprar conjuntament, i en un hipotètic cas d'una bateria 4S4P, estaríem parlant d'una bateria formada per quatre cel·les en sèrie col·locades en paral·lel amb unes altres tres branques, formant un total de setze cel·les, quatre per branca.

5.1.2. Característica "C" o velocitat de descàrrega

Una altra característica principal a tenir en compte quan es parla de bateries del tipus LIPO, és la característica "C". Aquesta característica fa referència a la velocitat de descàrrega que té una bateria fent-ho de forma segura, és a dir, sense afectar al funcionament de la bateria. Per a entendre-ho més fàcilment, es podria fer la comparació, amb el corrent màxim que pot subministrar la bateria a una càrrega o impedància externa, en un temps determinat.

Un exemple pràctic, amb càlculs ho farà més entenedor. Suposem per cas una bateria que té les següents característiques: 3000mAh, i 20C. Per a obtenir el corrent màxim que podrà subministrar realitzarem el càlcul següent:

$$20 \times 3000 = 60000 \text{ mA} = 60\text{A} \quad (\text{Eq. 5.1})$$

Així doncs aquesta bateria hipotètica podria subministrar 60A com a màxim. El paràmetre C també ens permet calcular el temps que podrà estar la bateria subministrant aquest corrent màxim (60A en el nostre cas) realitzant l'operació següent:

$$\frac{3000}{3000 \cdot 20} \cdot \frac{60}{1} = \frac{3000}{60000} \cdot \frac{60}{1} = 3 \text{ min} \quad (\text{Eq. 5.2})$$

La característica C és una característica molt important en la definició o composició d'una bateria d'aquest tipus, ja que a una major velocitat de descàrrega, obtindrem unes millors prestacions en la bateria. Així doncs quan haguem d'escollir dues bateries amb les mateixes prestacions però amb diferent nivell C, sempre escollirem la de major nivell C. Això també ens permetrà no treballar amb els màxims valors de corrent, i que la bateria no treballi al màxim de les seves possibilitats, augmentant així, la seva vida útil.

5.1.3. Capacitat de la bateria

Tot i fer-ne referència en el subapartat anterior, s'ha optat per explicar aquesta característica com a l'última, degut a que és més fàcil d'explicar que les anteriors. S'entén per a capacitat d'una bateria com a la quantitat d'energia que aquesta és capaç d'emmagatzemar. Com a tal, es mostra l'energia o intensitat que la bateria podrà subministrar en el transcurs d'una hora, de forma constant, fins a quedar descarregada.

Per a exemplificar-ho una bateria de 3000mAh, que per exemple es poden trobar avui en dia en telèfons mòbils, quedaria totalment descarregada en una hora si estigués connectada a una càrrega o impedància externa de 3000mA. Si es connectés a una càrrega que necessita 1500mA d'energia, la mateixa bateria estaria dos hores a descarregar-se completament. Així doncs es podrà calcular quan triga a descarregar-se cada bateria en funció de la càrrega o impedància externa connectada, segons la quantitat de corrent que aquesta necessiti.

Com és lògic, una major capacitat de la bateria, augmentarà el temps que aquesta trigarà en descarregar-se, això, augmentarà el temps de funcionament de l'aparell connectat, en el nostre cas el dron. Cal tenir en compte, que a major capacitat, major lloc ocuparà la bateria, per a tant serà un paràmetre important a tenir en compte, ja que si augmentem les dimensions de la bateria, també augmentarà el pes d'aquesta, i en conseqüència el pes; això provocaria un augment de consum. Per a tant cal ser curós amb aquesta característica, i seleccionar-la adequadament.

5.2. Càrrega de les bateries tipus LIPO

Un dels principals problemes de les bateries LIPO, és el seu desgast. Aquest pot venir produït per una càrrega no realitzada de la manera adient, que acabarà afectant al funcionament de la bateria, provocant una disminució de la capacitat que aquesta pot entregar, o pot acabar inflant la bateria, o arribar al punt inclús de que aquesta s'incendiï, o acabi explotant. Per això és important carregar-la de manera adient per augmentar el temps de vida de la bateria, i conservar-la en el millor estat possible garantint la seguretat en cadascun dels seus usos.

5.2.1. No excedir la tensió màxima de la cel·la

Una de les dades esmentades amb anterioritat en aquest projecte, ha sigut el valor de tensió de les cel·les de cadascuna de les bateries tipus LIPO, fixant el valor com a cel·la carregada en 3,7V. Com ja s'ha dit anteriorment en el subapartat 5.1.1, no es considera una cel·la completament carregada fins que aquesta assoleix el valor de 4,2V.

El problema bàsic en la tensió màxima de càrrega escau en el fet de superar aquests 4,2V. Així doncs qualsevol disseny ha de tenir controlat que el sistema no excedeixi aquests 4,2V, ja que sinó perjudicaria la bateria. Qualsevol carregador que es pugui trobar avui en dia al mercat ha de tenir aquesta situació molt controlada, fent així més segur el procés de càrrega de la bateria en qüestió.

De vital importància és el fet de poder carregar cadascuna de les cel·les de forma independent, per a tal de garantir la seguretat de la bateria, i no aplicar el mateix corrent tota l'estona que dura la càrrega a totes les cel·les que formen la bateria.

Els carregadors professionals que es poden trobar al mercat, es poden reutilitzar en diferents tipus de bateries LIPO, ja que aquests es poden configurar. Això provoca que per a dos tipus de bateries diferents es pugui emprar el mateix carregador, sempre i quan aquest es configuri amb els paràmetres correctes a la bateria adient.

Implementar el mateix carregador amb la mateixa configuració en una bateria 4S i en una 3S podria fer malbé les bateries, degut a que el carregador subministraria una tensió major o menor a la que la bateria podria arribar 16,8V (4S) i 12,6V(3S) en els valors màxims.

5.2.2. Corrent de càrrega a la bateria

Un altre element a tenir en compte alhora de fer servir un carregador o un altre, és el corrent de càrrega de la bateria. Normalment s'estipula un valor comú en totes les bateries tipus LIPO emprades per a tal de facilitar aquesta elecció, i tot i perdre temps de funcionalitat del element connectat a la bateria, és probablement més fàcil estipular aquest valor, i guanyar en seguretat i funcionament de la bateria. El valor estipulat per evitar riscos correspon a al corrent màxim que pot entregar qualsevol bateria amb un valor corresponent a 1C.

Tot i això els fabricants poden realitzar carregadors especificant el valor C, per a la càrrega màxima de la bateria escollida. Amb una bateria de 3000mAh i un valor de velocitat de descàrrega 4C, obtindríem un valor màxim de corrent en la càrrega de 12A.

5.3. Càrrega Balancejada

La importància d'una càrrega balancejada, és un dels factors claus i més importants alhora de carregar una bateria del tipus LIPO.

Aquest tipus de càrrega ens permetrà carregar cada cel·la independentment, i així evitar greus problemes en quan a la funcionalitat i durabilitat de la bateria. També ens donarà la capacitat de controlar en tot moment la tensió a la qual es troba cadascuna de les cel·les de la bateria, i així controlar per exemple que les cel·les 1, i 3 d'una bateria deixin de carregar-se si ja han arribat al valor màxim de càrrega (4,2V); independentment del estat en que es trobin les cel·les 2,4,5 i 6, si estiguéssim parlant d'una cel·la 6S.

El problema no apareix quan les bateries es troben en càrrega en l'interval de valors compresos entre 3,7V i els 4,2V. En aquests 0,5V una càrrega òptima aniria disminuint el corrent un cop superats els 3,7V i anar progressivament minvant fins aconseguir els 4,2V per a tal de no sobrepassar aquest valor.

Superar els 4,2V podria tenir conseqüències crítiques de cara a la bateria com són les ja esmentades, explosions en el cas més extrem. Però superar el límit dels 4,3V implicaria automàticament un desgast irreparable en la bateria, provocant que s'inflés en la gran majoria dels casos.

Tot i això no es recomana carregar la bateria per sota d'aquest valor màxim. Si posem per exemple que la carreguem sempre a 4V, per assegurar això mica en mica aniria fent malbé la bateria. És a dir, carregar-la per sota del valor recomanat implica un desgast continu a la bateria, que redueix els seus cicles de càrrega, la seva funcionalitat i la seva vida útil a llarg termini.

5.4. Manteniment de les bateries LIPO

Una bateria LIPO en un correcte i perfecte estat de funcionament pot assolir per norma general al voltant dels 300 cicles de càrrega, en aquells models de LIPO més emprats en el mercat actual. El fet de que la bateria no es tracti amb les mesures correctes pot fer que aquesta redueixi la seva vida útil en $\frac{1}{6}$ dels cicles de càrrega totals deixant-la al voltant dels 50-60 cicles.

Per a tal de poder conservar la bateria en el millor estat possible cal seguir una sèrie de requisits i condicions, per assegurar un millor rendiment un cop s'utilitzin, i allargar-ne la vida útil.

Primer es parlarà de les mesures a prendre durant la càrrega i descàrrega. Aquestes són:

- Com ja s'ha comentat abans no carregar les bateries per sobre dels valors indicats per els fabricants.
- No deixar la bateria sola carregant sense cap atenció.
- Carregar-les en una situació lliure de materials o elements inflamables per a prevenir fets infortunats.
- No utilitzar una bateria acabada de carregar, sense deixar un impàs previ de temps entre càrrega i utilització. Normalment el fabricant indica aquest valor de temps en molts dels carregadors i de les bateries, aquest temps es mou entre els 10 i els 20 minuts, depenent del model.
- Per contra també no es pot posar a carregar una bateria acabada d'utilitzar, sense deixar un temps de repòs, per a tal d'evitar riscos innecessaris.
- Controlar que en utilitzar la bateria aquesta es trobi en un rang de temperatures comprès entre els 30°C i els 40°C.
- No carregar aquelles bateries que només tocar-les amb la mà es detecti una temperatura molt baixa o molt elevada, sigui quin sigui el motiu d'aquesta temperatura.
- No utilitzar el sistema per al qual la bateria s'utilitza mentre el conjunt es carrega.
- No carregar una bateria que no conservi el 80% de la càrrega màxima, això indica normalment que la bateria ha arribat al final de la seva vida útil.

Seguidament cal comentar una sèrie de requisits a tenir en compte alhora d'emmagatzemar o guardar la bateria que s'exposen a continuació:

- Conservar-la sempre que sigui possible a temperatura ambient, en un lloc sec sense humitat, en un rang de temperatura entre els 5°C i els 25°C.
- Emmagatzemar les bateries LIPO en una bossa de seguretat especial per a bateries d'aquest tipus. Molts dels fabricants, les donen en la venda, i si no tenen preus reduïts. Tampoc és un requisit indispensable. Però evita la contaminació de la bateria d'altres elements.
- Encara que no estigui connectada, guardar-la en un lloc que no tingui a l'entorn, materials o elements inflamables.
- Guardar-la sempre que sigui possible entorn a un 50% de la tensió de càrrega. Aquesta es pot calcular de la següent manera.

Si tenim el rang de càrrega definit entre 3,5V i 4,2V, essent aquest valors els mínims i màxims recomanats, tenim un interval de 0,7V.

$$0,7 \cdot \frac{50}{100} = 0,35 ; 3,5 + 0,35 = 3,85V$$

Així doncs caldria guardar la bateria amb una tensió al voltant de 3,85V per cada cel·la.

6. Carregador

En aquest apartat s'estudiarà que és un carregador, quines característiques té, els tipus de carregadors que hi han, i la importància que té tenir un bon carregador, per a mantenir una bateria en un bon estat.

6.1. Definició

La definició que tothom podria fer d'un carregador, seria aquell aparell, que utilitzem, per a carregar l'element que es vol utilitzar de forma autònoma, a través del corrent, ja sigui mòbil o connectant-lo a la paret.

Així doncs el carregador és l'element intermedi entre la bateria i l'energia que la pot carregar. La seva funcionalitat escau doncs en poder transportar l'energia des de la font d'obtenció, i així poder alimentar la bateria del corrent necessari per a tal de poder obtenir finalment la càrrega completa de la bateria.

Depenen de les característiques del carregador podrem carregar la bateria desitjada de forma més ràpida, o si tenim per contra un carregador de menys qualitat, aquesta càrrega es farà de manera més lenta, i en molts dels casos, perjudicarà la nostra bateria.

6.2. Tipus de carregadors

La gran majoria de carregadors es poden diferenciar mitjançant el temps que trigarien en carregar una bateria, la tensió a la que poden treballar, o el màxim corrent que poden subministrar. Molts dels carregadors que es troben en el mercat, informen al usuari final de totes aquestes característiques en els seus "datasheets" corresponents.

En aquest apartat es classificaran els carregadors en funció del paràmetre C, comentat anteriorment en aquest projecte, apartat 5.1.2. , i es s'anomenaran les seves característiques més rellevants i les seves aplicacions

6.2.1. Carregador bàsic

Els primers tipus de carregadors són òbviament també els més antics, aplicant en un principi, una càrrega constant de $0,1C$, sempre que la bateria es trobi connectada i en el procés de càrrega, independentment del nivell de càrrega d'aquesta.

El carregador ho fa independentment del nivell de càrrega de la bateria, ja que no és capaç de controlar quan aquesta arriba al seu màxim. Això implica, que sinó es controla, el carregador seguirà subministrant energia a la bateria en qüestió.

Això implica per exemple que no poden ser usats en certs tipus de bateria com ara les LIPO, ja que es farien malbé. Aquest tipus de carregadors eren emprats en les bateries de Níquel-Cadmi (NiCd), també comentades en aquest projecte.

Aquests carregadors, també són coneguts com a carregadors nocturns, degut a la gran quantitat d'hores que necessitava una bateria per a carregar-se.

6.2.2. Carregador mitjà

Un cop més evolucionats els carregadors, ens trobem en el segon nivell d'aquests, i ens trobem amb uns carregadors que superen 4 vegades els anteriors, arribant a subministrar així valors de càrrega fixa de 0,4C-0,5C aproximadament.

Aquest fet provoca que en comptes de una duració de càrrega de bateria rondant les 20 hores es pugui reduir el temps de càrrega fins a les 5 hores aproximadament, un fet que provoca una gran avantatge respecte als carregadors anteriors.

Aquests carregadors, al sortir posteriorment, van veure la necessitat de detectar quan la bateria estava completament carregada, i la gran majoria són capaços d'indicar-ho. Un altre fet que són capaços de controlar són la temperatura que assoleix la bateria durant la càrrega.

6.2.3. Carregador avançat

Per últim en aquesta classificació tenim els carregadors avançats o altrament coneguts com a carregadors ràpids. Aquests solen treballar amb un paràmetre de 1C com a valors de càrrega fixa. No significa això que aquest sigui el valor màxim al que poden treballar, tant les bateries com els carregadors, si no que es treballa a 1C per a tal de protegir tots els elements tant del carregador com de la bateria.

Són els emprats en les bateries tipus LIPO, cas que ens pertoca. Aquests carregadors són capaços de subministrar tota l'energia que necessiten grans bateries en quant a capacitat o tensió.

Aquests carregadors són capaços d'estar comunicant tota l'estona l'estat de càrrega que té la bateria al carregador, i en els carregadors més professionals adaptar així el corrent a subministrar. Això es fa reduint el corrent progressivament, quan el carregador detecta que la bateria està assolint l'estat de càrrega completa.

Alguns d'aquests carregadors, apart de realitzar l'adaptació del corrent mitjançant una comunicació de forma contínua, també són capaços d'extreure el valor de temperatura, que està assolint la bateria. Això fa que el carregador sigui capaç de detectar temperatures crítiques en la bateria, i realitzar les accions necessàries per a tal de poder mantenir la seguretat i funcionalitat de la bateria, com de l'entorn en que s'està realitzant la càrrega.

6.3. Característiques a tenir en compte alhora d'escollir un carregador

Quan ens trobem en el moment d'escollir un carregador, cal tenir en compte una sèrie de requisits previs per a tal d'assegurar una bona elecció. El fet de triar un carregador no adient per a la nostra bateria podria fer que aquesta es malmetés. Normalment no es destina el mateix temps ni diners en triar un carregador, que en una bateria, i això esdevé un error clau. Un carregador no adequat per a la nostra bateria, podria acabar provocant la compra d'una nova bateria, esdeveniment que es podria evitar amb una tria adient.

Primer de tot, cal seleccionar bé el tipus de bateria, i buscar-ne el carregador corresponent. Ja que un carregador que funcioni especialment bé en bateries de Plom per exemple, no es comportarà de la mateixa manera amb una bateria de Níquel per exemple. Així doncs caldrà tenir en compte tant el carregador, com la bateria per a la qual s'està escollint.

Cal a dir que una bona elecció no treu importància al fet de mantenir en bon estat el carregador i la bateria. En la mesura del possible cal controlar-los quan estiguin funcionant per descomptat, i és àmpliament recomanable el fet de poder conservar-les en les millors condicions possibles quan no s'utilitzin.

Alguns dels carregadors d'avui en dia, són capaços de seguir donant un petit corrent al bateria, tot i saber que aquestes ja estan carregades, aquest és l'anomenat corrent de manteniment, així s'evita que la bateria es descarregui mínimament. Cal remarcar que totes les bateries no són aptes per aquest concepte.

6.3.1. Sèrie d'actuacions a realitzar

Tant prèviament com a posterior de la tria del carregador, cal tenir en compte les consideracions següents, per a tal d'actuar correctament, i assegurar en la mesura del possible, la major vida útil tant per al carregador com per a la bateria:

- Assegurar-se que el tipus de carregador seleccionat, és el correcte tant per a la composició química de la bateria, com de les seves característiques.

- Si una bateria té limitacions de càrrega, en el seu paràmetre C per exemple, emprar un carregador més potent del que la bateria necessita, acaba desembocant en la reducció de la vida útil dels dos aparells.
- Assegurar-se si la bateria a carregar, podrà suportar l'anteriorment anomenat corrent de manteniment. En cas de no fer-ho, un carregador que tingués aquesta característica no ens serviria.
- Controlar sempre tant la temperatura de la bateria com del carregador, durant la càrrega. Detectar un augment inesperat de la temperatura, per sobre dels valors recomanats, implicaria conseqüències no reversibles per a ambdós aparells. Si això es produís, caldrà aturar automàticament la càrrega de la bateria. Això es pot produir tot hi haver seleccionat el carregador adient.
- Realitzar la càrrega de la bateria en condicions de temperatura i humitats ambientals, i en situacions, on cap dels dos aparells estigui envoltat de materials inflamables.
- Conservar en bosses o recipients especialitzats, tant el carregador com la bateria quan no s'utilitzin.
- Emmagatzemar els dos aparells en condicions de temperatura i humitat ambientals. Controlant sempre que no s'escalfin, s'inflin, o pateixin alguna variació, respecte el seu estat de repòs.

7. Bateria escollida

A dia d'avui la bateria escollida per a l'elaboració d'aquest projecte, i sobre la qual cal dissenyar el circuit corresponent, és la bateria següent:

Desire Power (DS) V8 Series 6s 8000mAh 20C (22,2V)



Figura 2. Bateria escollida per alimentar al dron. FONT: rc-innovations

La bateria en qüestió disposa de les següents característiques:

- N° de cel·les: Es tracta d'una bateria de 6 cel·les en sèrie, bateria 6S.
- Tensió total: Amb els càlculs realitzats anteriorment i sabent que la bateria és 6S, es pot determinar la tensió total en la bateria en 22,2V(3,7·6) i en un cas màxim de càrrega s'obtidran els 25,2V(4,2·6).
- Capacitat de la bateria: Segons especificació del fabricant la bateria té una capacitat de 8000mAh.
- Característica C o velocitat de descàrrega: En aquesta bateria la característica C és 20C. Com a protecció per a tal de protegir els elements del circuit, es treballarà però considerant 1C (fins a 8A).

De totes maneres les característiques de la bateria permetrien en un cas màxim, subministrar un corrent de 160A, i en el cas que es volgués descarregar a velocitat màxima constant es trigarien 3min. en fer-ho. Aquests valors es poden obtenir aplicant les equacions 5.1 i 5.2 d'aquest document.

8. Connector Escollit

Tot i no ser necessària la seva implementació en el disseny del circuit, en un futur caldrà un disposar d'un connector, capaç de poder unir entre si el disseny final del circuit, amb la bateria escollida. Aquest connector a dia d'elaboració d'aquest projecte és el següent:

Connector JST ROHS

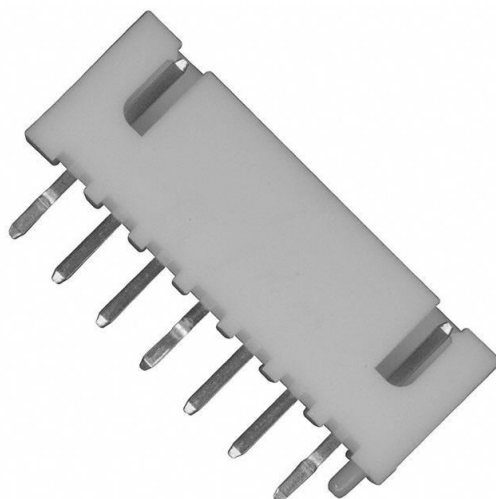


Figura 3. Connector escollit per al disseny global. FONT: digikey

Les característiques del connector escollit són les que es passen a enumerar a continuació:

- Nombre de pins o entrades: El connector disposa de 7 entrades o pins. Aquestes correspondran les 6 primeres a l'entrada de cada cel·la, i la última correspon al “ground” o neutre comú. Cal comentar que la sortida de la primera cel·la òbviament anirà connectada a l'entrada de la segona.
- Tensió màxima: 250 V.
- Distància entre pins o entrades: 2,5 mm cadascuna.

Caldrà doncs tenir en compte les seves característiques en una futura implementació, o segons el disseny escollit, buscar-ne un altre, o adaptar el disseny elaborat. Per a seguretat de la bateria, cal remarcar la importància de no donar tensió al neutre o “ground” d'aquesta, això podria provocar danys en la bateria. L'única forma de fer-ho però seria connectant al revés els pins 1 i 7 del connector, cosa que caldria tenir en compte.

9. Balancejat

El balancejat d'una bateria o d'un circuit qualsevol, és el concepte electrònic més complex, que cal tenir clar abans de poder realitzar el disseny del carregador desitjat.

Per a poder clarificar aquest concepte, ens posarem en la situació de saber si estem carregats o descarregats, en cadascuna de les cel·les, i anar-ho comprovant contínuament. Així doncs podrem saber si la cel·la està carregada o no, i saber si aquesta necessita encara corrent o no per a la càrrega.

9.1. Cel·la per a carregar

Caldrà tenir en compte el tipus de bateria o cel·la carregar, ja que tot i que el principi és el mateix per a totes, el resultat de seguir aplicant corrent un cop una cel·la està carregada, no ho aguanten totes les bateries com és el cas de les LIPO.

En el cas que ens trobem amb que una cel·la encara no està carregada, s'haurà de seguir subministrant corrent a la cel·la per a tal de que aquesta assoleixi el seu estat òptim de carrega. A més corrent es vagi aplicant, més es carregarà la cel·la, cal recordar que en el cas estudiat, aquest valor no podrà superar els 4,2V.

Així doncs fins arribar al punt de tensió màxima de càrrega, s'haurà de subministrar el corrent necessari. El problema esdevé quan aquest corrent es constant i se segueix carregant, si només hi ha una cel·la, es deixa d'aplicar corrent, desconnectant la bateria del carregador, i problema resolt.

Altres complicacions esdevenen quan es té més d'una cel·la. Si ens basem en la bateria a tractar, 6S, i posem per a cas que només tenim carregada la primera de les cel·les en la seva totalitat, a 4,2V, i les altres 5 cel·les restants, encara tenen un valor de 4V per exemple, segueixen necessitant corrent per a carregar-se.

Així doncs caldrà desviar o bifurcar el corrent per tal de que no accedeixi a les cel·les carregades però si a les cel·les per a carregar.

9.2. Cel·la carregada

Si hem assolit el valor desitjat en una de les cel·les, però no en totes caldrà desviar el corrent per a tal de que la cel·la carregada no sobrepassi el seu límit, i les altres es puguin seguir carregant.

Bàsicament es pot aplicar aquí el concepte d'interruptor, i determinar cap a on ha d'anar el corrent, en cadascuna de les cel·les, si passar a la següent o seguir carregant aquella en concret. En aquest cas estem parlant de bateries S, el fet de tenir cel·les en paral·lel (P), complica el cas, però el principi a aplicar és el mateix.

Per a fer-ho com en molts apartats de l'electrònica existeixen diferents solucions, i dins de cadascuna d'aquestes solucions, pot contemplar infinitat de dissenys tot i basar-se en el mateix concepte.

Una solució més professional seria dotar el sistema d'un microprocessador o microcontrolador, capaç de detectar la tensió a la que es troba cadascuna de les cel·les, i així aplicar o no corrent en cadascuna d'elles. Si aquesta fos la solució escollida, el microprocessador, podria controlar un transistor per cel·la, en el nostre cas 6, i que aquest transistor realitzés la funció d'interruptor, aplicant així si fos necessari corrent o no.

En el disseny seleccionat no s'aplicarà aquesta solució, si no que per mitjançar d'un amplificador operacional (LM358N), es determinarà el valor de tensió de cada cel·la, i un cop arribats als 4,2V, a través d'un regulador en funció de Zener (TL431) i d'un pont de Wheatstone, es podrà bifurcar el corrent, cap a la cel·la si es inferior als 4,2V o cap al circuit, il·luminant el LED, si ja s'ha assolit aquest valor..

Aquests dos elements juntament amb els també emprats en el disseny transistors Darlington (BDX53 i BDX54) seran explicats en apartats posteriors degut a la seva importància en el disseny del circuit a elaborar. Els transistors Darlington, seran els encarregats de poder treballar a 1C, a partir del poc corrent que ens trobem a la sortida del A.O., i poder dotar així el sistema de la seguretat adient.

10. Circuit a dissenyar

El circuit a dissenyar en aquest projecte, no deixa de ser en essència un carregador. Aquest haurà de ser capaç de poder carregar la bateria escollida.

Aplicant doncs segons les característiques de la bateria escollida, caldrà tenir en compte les següents característiques per al nostre carregador:

- Al tractar-se d'una bateria 6S, caldrà que aquest consti de 6 cel·les.
- Cada cel·la ha de poder carregar-se de forma balancejada, i caldrà controlar cadascuna de les cel·les.
- El carregador dissenyat estarà basat en el paràmetre 1C.
- Com es tenen 6 cel·les, en el seu valor màxim de càrrega a 4,2V, el carregador necessitarà una tensió de 25,2V (4,2·6) .
- Cal fixar doncs una tensió superior als 25,2V. Per proximitat s'escullen 30V.

En les figures següent es mostrarà el disseny proposat per a tal de complir aquestes característiques i realitzar la funció del carregador. Cal implementar més d'una figura degut a les dimensions que el circuit assoleix en el simulador escollit (PROTEUS).

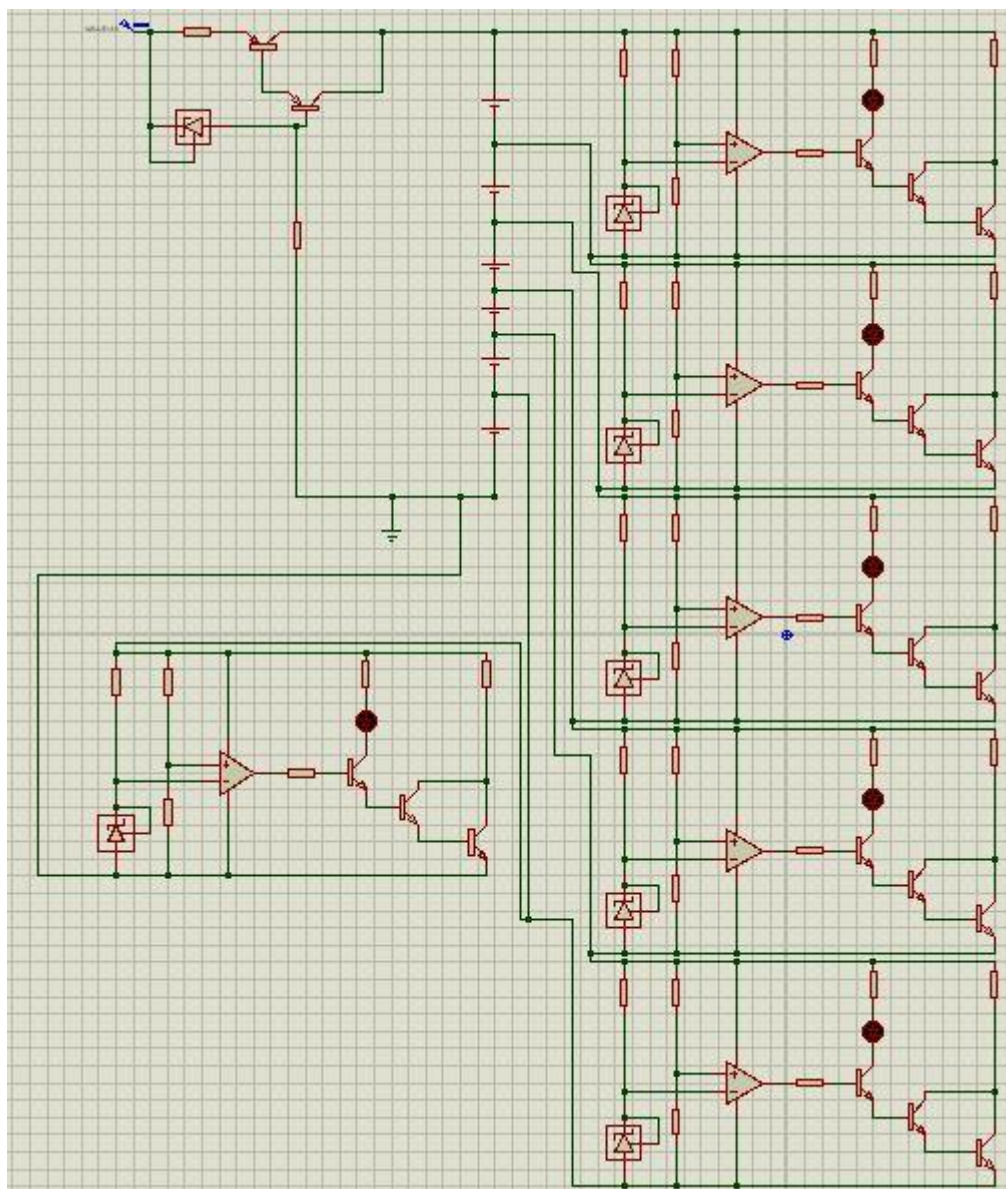


Figura 4. Captura PROTEUS del disseny general

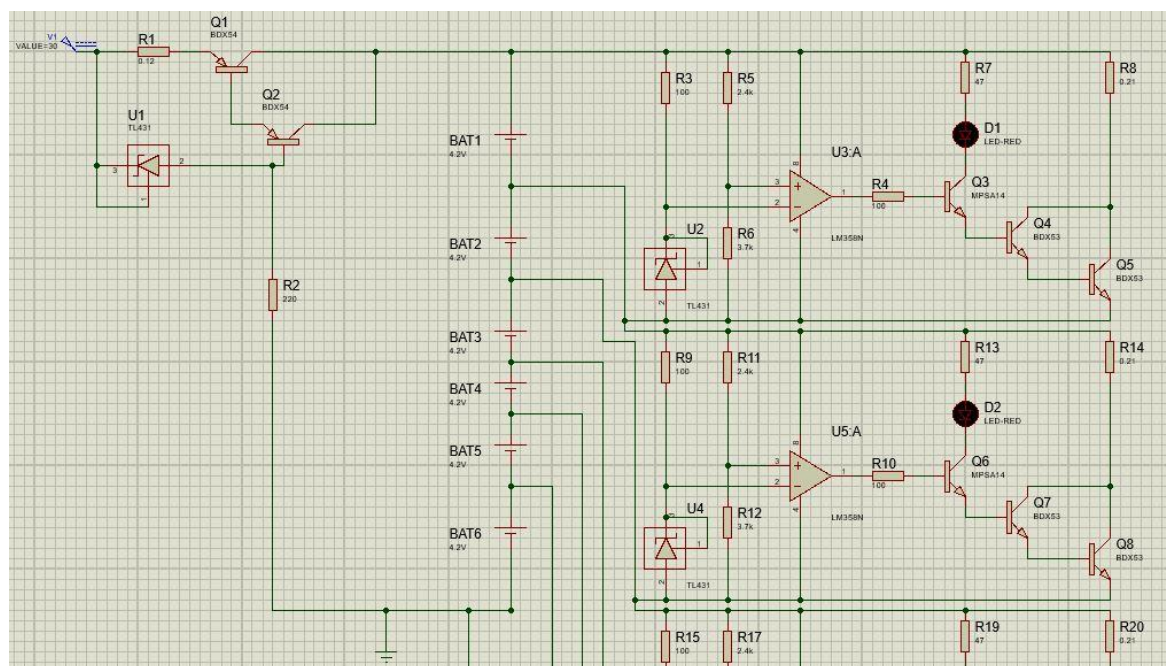


Figura 5. Captura PROTEUS disseny detallat

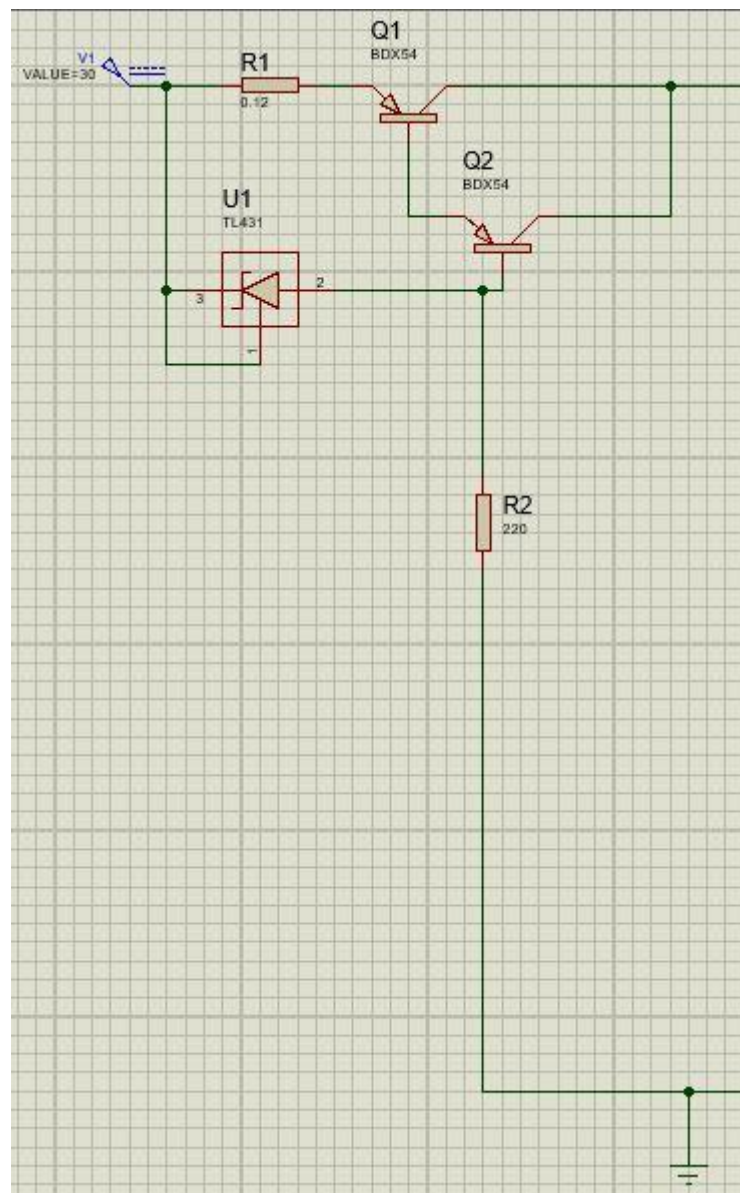


Figura 6. Captura PROTEUS circuit previ

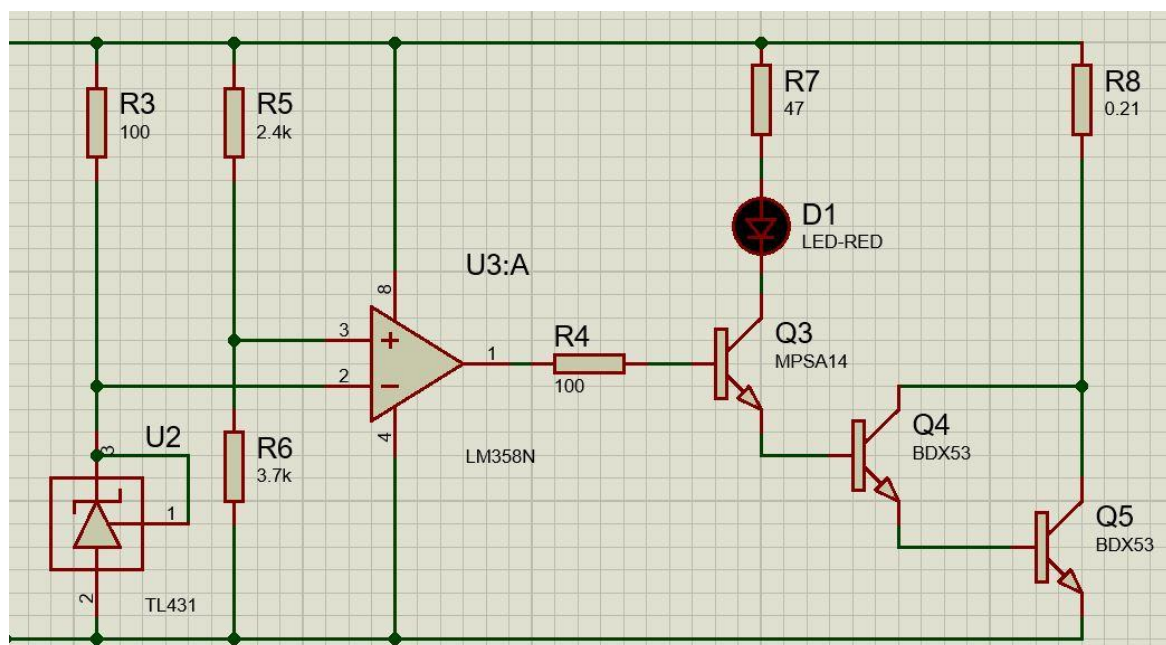


Figura 7. Captura PROTEUS disseny interior circuit corresponent a cel·la

En la primera de les figures anteriors es pot observar el disseny complet del carregador, amb el circuit previ, i les 6 cel·les corresponents. En la segona figura, es pot observar un pla més detallat del circuit previ i d'algunes de les cel·les.

Seguidament ens trobem amb la figura que mostra el circuit previ, que serà l'encarregat de dotar el sistema a partir de 30V, dels 8A necessaris per a complir el paràmetre 1C.

Finalment es pot observar una figura d'una de les cel·les, amb tots els components que la componen de forma més detallada. Les cel·les, realitzaran la funció de balancejar el circuit.

NOTA 1: Les bateries emprades en PROTEUS de la BAT1 fins la bat BAT6, simulen la posició on caldria situar la bateria general, mitjançant la col·locació del connector corresponent.

11. Amplificador Operacional LM358N

Degut a la importància que té aquest amplificador operacional, dins del circuit, cal entrar en detall sobre aquest element, explicant-ne primer de tot les seves característiques, i després la seva funció dins del circuit.

A continuació, es pot veure mitjançant la següent figura, el diagrama de blocs intern del component, i el seu corresponent numeració amb cadascuna de les potes de l'encapsulament:

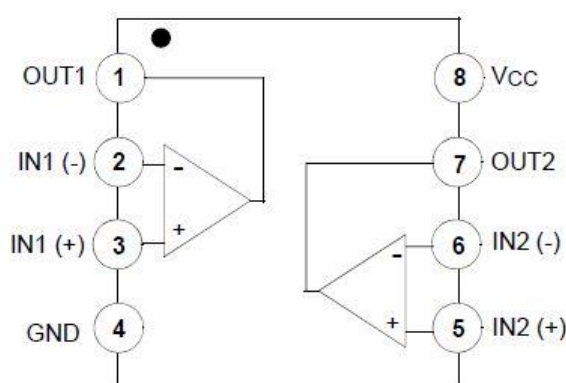


Figura 8. Diagrama intern LM358N FONT: datasheet

11.1. Característiques

Primer de tot, cal comentar quines són les funcions d'un amplificador operacional. S'entén per amplificador operacional o altrament abreviat A.O. , aquell dispositiu electrònic, dotat d'un alt guany, format per dos entrades i una sortida. Aquest és capaç degut al seu alt guany, d'obtenir una sortida de l'orde de 100.000 vegades la diferència de potencial entre les seves dues entrades. Comentar que les seves entrades es coneixen com entrada no inversora (positiu), i com a entrada inversora (negatiu).

Les diferents configuracions que es poden aportar amb altres elements d'electrònica, i els seus diversos muntatges, donen com a resultat una infinitud d'aplicacions per a tots els amplificadors operacionals, tot i les característiques pròpies que hi ha entre els diferents amplificadors del mercat.

Així doncs a partir d'un amplificador operacional, es podran fer entre d'altres, circuits comparadors, circuits inversors, circuits que mantinguin el corrent o la tensió, circuits sumadors i restadors, etc.

Si aprofundim sobre el LM358N, veurem que es tracta d'un amplificador operacional, que només necessita una de les seves alimentacions, per a funcionar. Així doncs una de les característiques principals per a la seva elecció va ser aquest fet, i que no es tracti d'un A.O. d'alimentació simètrica.

Una altra de les seves característiques, és la seva capacitat de treballar en un ampli rang de tensió, fet que en el nostre disseny es necessari, per a poder treballar a les diferents tensions del sistema global sense problemes. Està capacitat per a treballar amb alimentació única des de 3V fins a 32V

Cal comentar, que la freqüència dins del A.O. està internament compensada, i que en un principi no ha d'afectar als circuits sobre els quals s'utilitzi.

El seu rang de treball en quan a temperatura és de 0°C a 70°C.

Totes les altres característiques i gràfiques de comportament es podran observar de forma més detallada en els annexes del treball.

Concretament, el xip que es pot obtenir en el LM358N, consta de dos A.O. dins seu, com s'ha pogut observar en la figura d'aquest apartat, els dos òbviament tenen les mateixes característiques. Segons fabricant, i mode d'encapsulament, ens podrem trobar amb més lletres posteriors a la "N" alhora d'aconseguir-lo de forma comercial

11.2. Funció a desenvolupar dins del disseny

Com es pot observar en l'apartat 10, l'amplificador operacional, ocupa la part central del circuit corresponent a cadascuna de les cel·les de la bateria. Com ja s'ha comentat, l'amplificador escollit en el disseny del circuit és el LM358N.

La seva funció principal dins del circuit, és la de governar les dues situacions possibles amb les que ens podem trobar en cadascuna de les cel·les. La cel·la no està carregada, i necessita corrent, o bé, la cel·la ha assolit el punt de tensió màxima de càrrega amb els 4,2V corresponents, i el circuit necessita bifurcar el corrent i que aquest no vagi a la cel·la.

Per a poder detectar aquest canvi, serà imprescindible, que a les entrades del A.O., se situï un pont de Wheatstone, i mitjançant el TL431, fixar una tensió en una de les parts del pont, i connectar-la al amplificador en aquest cas a l'entrada inversora.

L'entrada no inversora, serà la que ens determinarà el que ha de fer l'amplificador operacional. Si la tensió en aquesta entrada, és superior a l'entrada inversora, això voldrà dir que la tensió a la cel·la haurà assolit el seu valor de tensió màxima a la càrrega, i que l'amplificador ha d'actuar.

Un cop es detecti aquest fet, l'amplificador, donarà tensió a la sortida, que fins ara no ho podia fer, i així, dotarà al primer dels transistors, de la part posterior del disseny, del corrent suficient, tant per alimentar i encendre el LED corresponent, com per a poder activar els Darlington, i conduir el corrent del paràmetre 1C, i fer que aquest no passi així per dins de la cel·la de la bateria.

Bàsicament doncs, la funció del amplificador operacional, dins del disseny, és la de governar el circuit, i fer d'interruptor, i determinar cap a on ha de circular el corrent, si cap a la cel·la de la bateria, o cap al circuit dissenyat mitjançant els Darlington, i les resistències corresponents, i alimentar al LED, indicant així, que aquella cel·la de la bateria, ja està carregada.

12. Transistor Darlington BDX53/BDX54

Com un element important en el circuit també caldrà dedicar-li un apartat als transistors Darlington, tant el BDX53, com al BDX54.

Primer de tot comentar que la diferència entre els dos, és la de que el BDX53 és un Darlington NPN, i el BDX54 és un transistor PNP. Aquest fet només implica que les bases, estaran formades per regions diferents en la corresponent unió PN. Així doncs el BDX53 tindrà una base en la regió P, amb la capacitat de generar portadors de càrrega, i el BDX54 al ser PNP, tindrà la seva base corresponent en la regió N, i per a tant tindrà més portadors de càrrega negativa en aquesta regió.

Per als fets pràctics, l'única diferència que això provoca, és invertir el corrent que circularà quan el transistor s'activi entre col·lector i emissor.

Les següents dues figures, mostren tant la numeració de les potes del component, com el diagrama intern dels dos transistors emprats en el disseny.

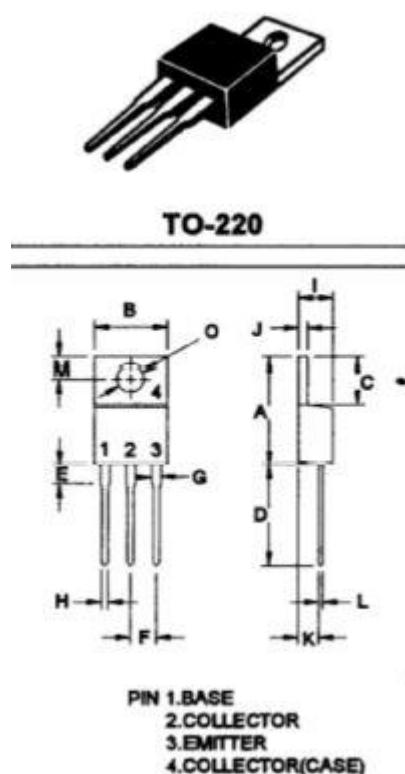
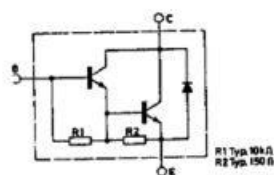


Figura 9. Forma i enumeració de potes dels transistors Darlington FONT: datasheet

BDX53 Series NPN



BDX54 Series PNP

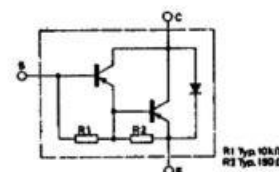


Figura 10. Diagrama intern Darlington FONT: datasheet

12.1. Característiques

Un transistor, és un element electrònic, capaç de reaccionar a un corrent d'entrada, i si aquest és suficient per activar-lo, amplificar-lo a la sortida, per a tal d'augmentar-lo. Això dependrà de l'estat en que es trobi el transistor en funció del valor del corrent que entri per la base d'aquest component, i en funció de si el transistor, està en saturació o conducció podrà activar-se o no.

Les aplicacions que pot tenir un transistor, avui en dia són d'un ventall gegant de possibilitats, ja que els trobem aplicats en tots els aparells electrònics d'ús diari, i dins dels seus circuits, el transistor, pot realitzar funcions de commutador, amplificador, oscil·lador, etc.

Primer de tot ens podríem preguntar que és un transistor Darlington. Un transistor Darlington, no deixa de ser res més que dos transistors connectats en cascada, i encapsulats dins del mateix component. El fet de poder fer això, dota als diferents circuits en els que s'utilitzi, de poder obtenir un corrent de sortida, que circularà entre col·lector i emissor, molt més elevat a partir del mateix corrent d'entrada per la base del transistor, amb un espai més reduït que si es muntessin dos transistors en cascada com a tal.

Si entrem en "datasheet" del transistor escollit BDX53/BDX54, podem observar les següents característiques que cal tenir en compte de cara a la seva selecció en el nostre disseny.

Parlant en termes de màxims rangs, els dos transistors, són capaços de treballar en un rang de tensió entre col·lector i emissor de 100V, ja que els implementats en el disseny, són concretament els BDX53C i els BDX54C. No arribarem per suposat a aquests valors de tensió, però això ens assegura treballar sense problemes.

El corrent màxim, que permet el transistor, és de 8A, i en un pic de corrent de 12A. Fet que el fa idoni per a poder moure el paràmetre 1C, per dins del circuit, quan el corrent no hagi d'anar a la cel·la de la bateria per a que aquesta es carregui.

Segons els càlculs del fabricant, el transistor pot arribar a dissipar un total de 60W, càlculs realitzats a 25°C.

Finalment, per assegurar-nos que puguem treballar amb aquests transistors en concret, s'observa que el rang de treball en quan a temperatura és de -65°C fins a 150°C, cosa que ens assegura una total tranquil·litat per al nostre circuit.

12.2. Funcions a desenvolupar dins del disseny

Primer de tot cal diferenciar entre on estaran situats els dos tipus de transistors emprats dins del circuit, ja que no estaran al mateix lloc.

Primer de tot, el BDX54, estarà situat en el circuit previ a les cel·les de la bateria, funció del qual a partir dels 30V, haurà de dotar el sistema dels 8A-1C necessaris per a la càrrega de la bateria.

Aprofundirem com és lògic en la funció i on s'empraran els BDX53. Aquests estan situats a la part del disseny del circuit post A.O. i seran els encarregats de poder augmentar el corrent fins a 8A. Diem augmentar el corrent, degut a que a la sortida de l'operacional, quan el corrent no circula per dins la cel·la de la bateria, no s'obtenen directament els 8A necessaris del paràmetre 1C.

Així doncs per a fer-ho es necessitaran dos transistors Darlington, en cascada, per a poder mantenir tot el corrent dins del circuit, i que aquest no torni a la cel·la un cop aquesta ha assolit el valor màxim de tensió a la càrrega. Estem parlant de dos transistors Darlington en cascada, cosa que significa tenir 4 transistors, sumats al altre transistor del circuit (MPSA14), per a tant ens podem fer una idea, del augment de corrent que s'ha de realitzar un cop el amplificador operacional, com a governador del circuit, s'activa, i denota que la cel·la en qüestió ja està carregada.

En un dels casos de la simulació com es veurà posteriorment, es podrà veure, com degut als Darlington, es podrà passar de valors de l'ordre de 2mA, s'arribarà als 8A de corrent. Cal a dir, que la primera amplificació de corrent en el circuit dissenyat, post sortida del A.O., la realitza el MPSA14, i ho fa de la forma per a poder subministrar el corrent necessari per a poder encendre el LED d'indicació de que la cel·la ja està carregada.

13. Zener TL431

El TL431, com a tal, no és un Zener simplement, si no que es tracta d'un circuit integrat, capaç de regular la tensió de sortida en un dels seus terminals, i així poder fixar o ajustar en un punt d'un circuit una tensió desitjada.

A continuació es passa a exposar la seva distribució interna, i la seva enumeració en les potes, mitjançant les següents figures:

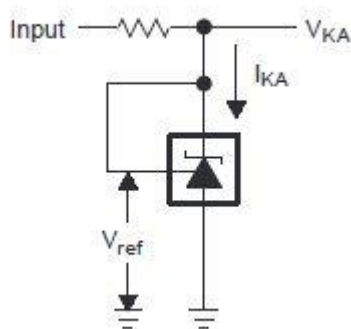


Figura 11. Diagrama intern TL431 FONT: datasheet



Figura 12. Esquema enumeració potes TL431 FONT: datasheet

Com es pot veure, el TL431, consta de un díode Zener, però a part, té una altre entrada o pota, la qual s'emptra com a referència, i poder així programar dins del rang que treballa de tensions la desitjada com a tensió de referència.

13.1. Característiques

Primer de tot es farà en resum de les funcions que realitza un díode Zener. Un Zener, és un dispositiu electrònic, capaç de conduir corrent tant en directe com en inversa, a diferència dels díodes bàsics. Així doncs els díodes Zener, per sobre d'una tensió, normalment de 0,65V aproximadament, el Zener conduirà en directa com els altres díodes. Però fins a no arribar a la tensió de Zener, el díode no tornarà a conduir en inversa, normalment les tensions de Zener oscil·len els 10V.

En el cas que ens ocupa del dispositiu TL431, són dispositius, amb la capacitat de fixar una tensió de referència entre 2,5V i 36V.

El corrent que pot circular a través seu oscil·la entre els 1mA i els 100mA; i el seu rang de treball en quant a temperatures va des dels -40°C fins als 85°C , fet que assegura totalment el seu bon comportament dins del circuit.

Les funcions per a les quals s'empra aquest component són entre d'altres:

- Mantenir tant tensions com corrents de referència
- Substituir díodes Zener
- Control de tensions
- Comparador de tensions

Altres característiques del component es podran consultar en el seu “datasheet” en els annexes del projecte.

13.2. Funcions a desenvolupar dins del disseny

Com es pot observar en el disseny, per a poder mantenir una tensió de referència constant a 2,5V caldrà connectar entre si les seves potes Nº 1 i 3, corresponents a la referència, i al càtode del component.

La seva situació dins del circuit, és dins d'una de les quatre localitzacions dins del pont de Wheatstone, i connectat a l'entrada inversora (negativa) del amplificador operacional.

La seva funcionalitat, serà la de mantenir constants 2,5V en aquesta entrada, per a tal de poder proveir al A.O. d'una situació estable, quan la cel·la estigui carregant-se, i el corrent recaigui en la corresponent cel·la de la bateria, i no calgui l'activació de l'operacional.

Com que per la resta del pont no circularà corrent, la tensió en l'entrada no inversora (positiva), serà inferior als 2,5V, i per tant no s'activarà el A.O.

Quan la cel·la aconsegueixi el seu estat de tensió de càrrega màxima, el corrent haurà d'entrar dins del circuit, per a fer-ho el pont de Wheatstone, dotarà l'entrada no inversora de major tensió que el TL431, i s'activarà, governant la situació mitjançant el A.O.

Per a que això succeeixi, és imprescindible, que el TL431, pugui mantenir la tensió tant si el corrent passa per la cel·la de la bateria com per el circuit, i que pugui conduir tant en inversa com en directe, i pugui garantir així la funcionalitat del pont de Wheatstone d'una forma dinàmica i no estàtica.

14. Simulació Proteus

Prèviament al muntatge del circuit després del seu disseny caldrà efectuar, les simulacions corresponents, per a tal de veure'n el comportament, i poder determinar, si el circuit realitza les funcions per a les quals ha estat dissenyat o no.

Per efectuar aquesta funció es realitzaran les proves mitjançant software de simulació electrònica. El programa escollit per a realitzar aquesta tasca és el PROTEUS. Concretament en la seva versió PROTEUS 8 PROFESSIONAL .

Proteus a part de poder realitzar gran varietat de circuits i aplicacions; és un dels programes més emprats en el món de l'electrònica. Aquest fet fa, que el ventall de possibilitats que ofereix sigui molt més obert que en programes de la competència.

PROTEUS està format per una infinitat de components i llibreries, això farà que sols en algun component molt exclusiu, no el podem incloure en els nostres circuits.

A més a més sempre està en actualitzacions periòdiques de llibreries, i no de funcionalitats del programa, fet que assegura que els components inclosos en el programa estiguin dissenyats i verificats en comportament per la mateixa gent propietària del software.

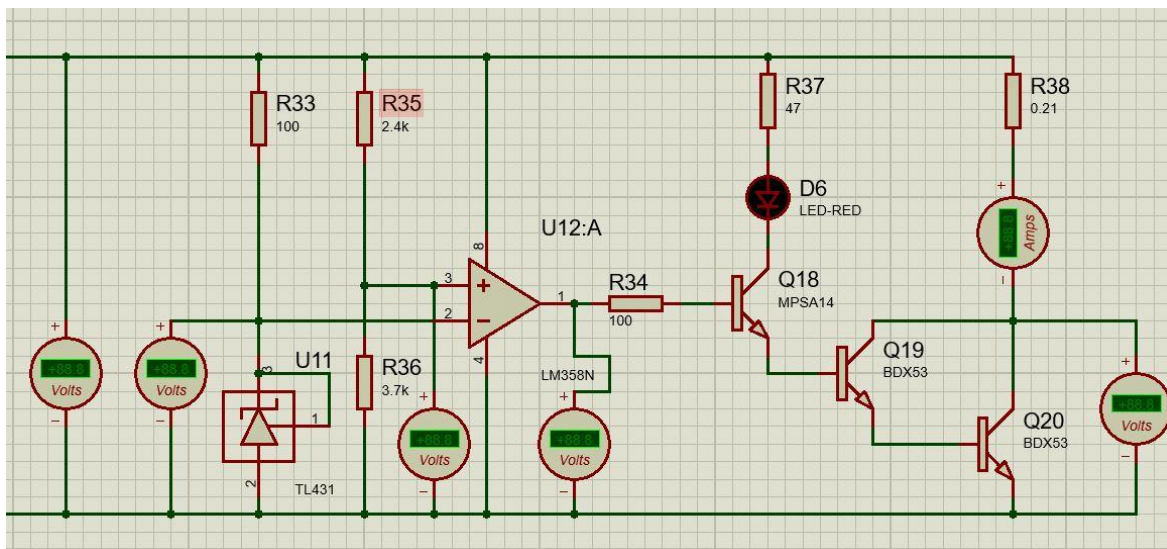


Figura 13. Captura Proteus circuit simulacions

Una de les característiques bàsiques a comentar de PROTEUS, és que moltes de les versions de proteus que es poden obtenir, estan basades en Anglès com el seu llenguatge principal. Això pot suposar una gran pèrdua de temps alhora de simular, si es té en compte el fet que es passa a exposar a continuació.

Si creem un arxiu nou per a la simulació, i aquest es guarda en un dispositiu USB, o en una carpeta a l'escriptori, PROTEUS no segueix de forma correcta la ruta. Si això passés, la simulació no es duria a terme, ja que PROTEUS mostraria el següent error: “*REAL TIME SIMULATION FAILED TO START.*” A més a més mostra com a “*WARNINGS*” diferents línies sobre les quals marca error en un dels components del circuit aleatòriament.

Per a solucionar-ho es recomana guardar el document creat a simular de la següent manera. Guardar-lo sempre a la partició C de l'ordinador, dins de Usuaris, Usuari, Documents; i aquí crear la carpeta corresponent als arxius de PROTEUS. Aquesta ruta dependrà del llenguatge de configuració del Windows. És altament recomanable, obrir l'arxiu del programa des de la carpeta, i no des del propi PROTEUS per evitar problemes posteriors.

Cal comentar que aquest error no té per a que produir-se en tots els ordinadors. Es desconeix si aquest error també es produeix en entorns MAC. S'adjunta figura per a poder observar aquest fet.

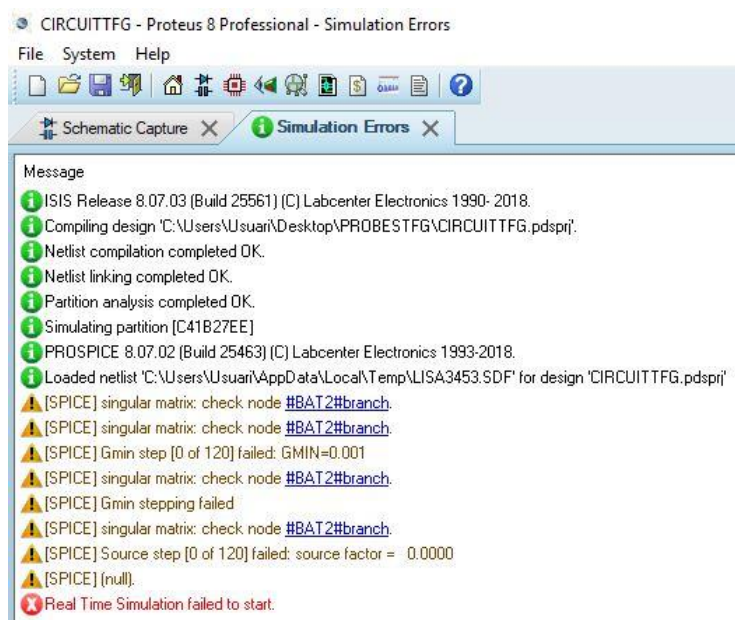


Figura 14. Captura PROTEUS error simulació

Com es pot veure en la figura anterior, PROTEUS comprovat tot el llistat de punts, tots els links entre components, mostra les diferents llibreries carregades, i tot i mostrar la ruta com a correcte, després dels “*WARNINGS*” ja comentats, mostra l'error esmentat amb anterioritat.

Aquest fet es produeix, en els esquemes més complexes, com també en aquells més simples de 3 elements.

14.1. Simulació circuit general

El més interessant de veure sens dubte en un principi pot ser el comportament del circuit general. A continuació, es podran veure diferents figures, que mostraran l'estat dels LED en encès o apagat segons correspongui, i s'anirà aprofundint en el procés de simulació.

Cal comentar que PROTEUS té una gran quantitat d'aparells de mesura, que faciliten molt la presa de dades durant la simulació.

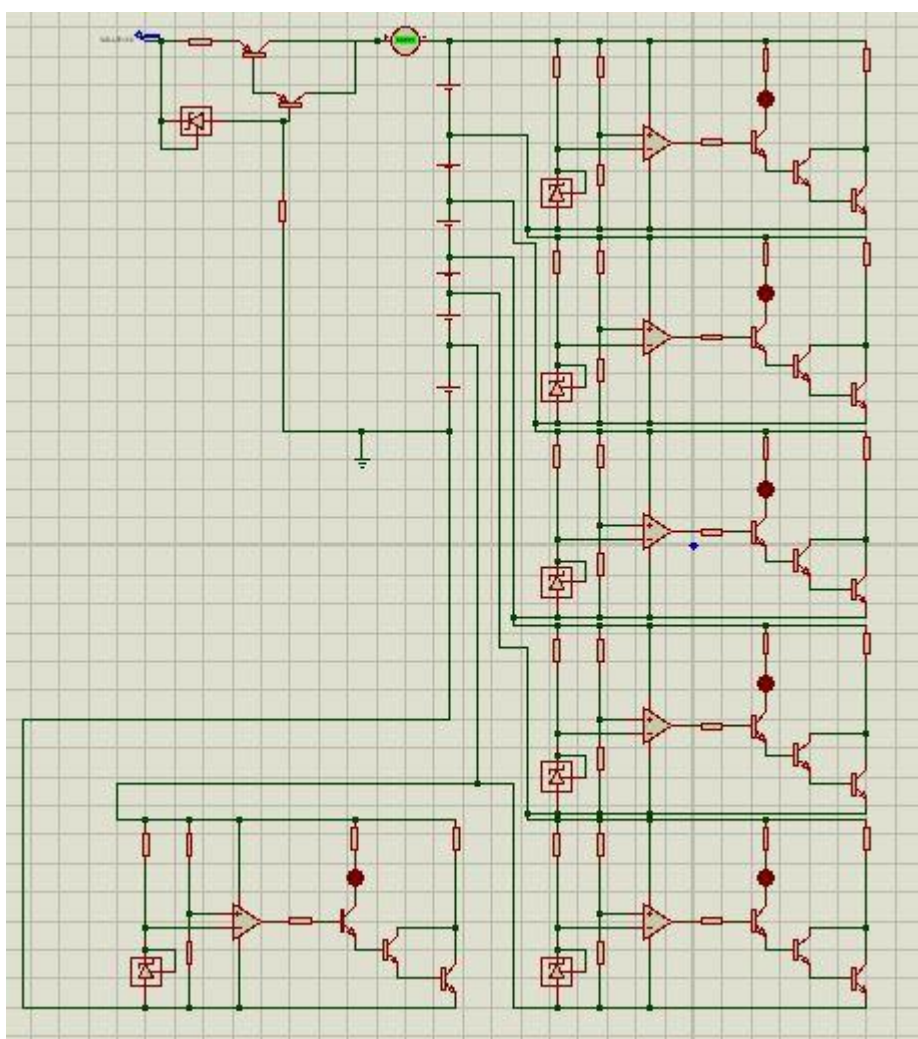


Figura 15. Captura PROTEUS circuit complet simulant

En la figura anterior es pot veure l'estat del circuit, funcionant, quan totes les cel·les estan carregades a 4,2V. A continuació, es mostraran figures amb més detall del fet comentat. Cal remarcar, que els LEDs s'emplenen del color vermell, en el nostre cas també escollit en el futur muntatge.

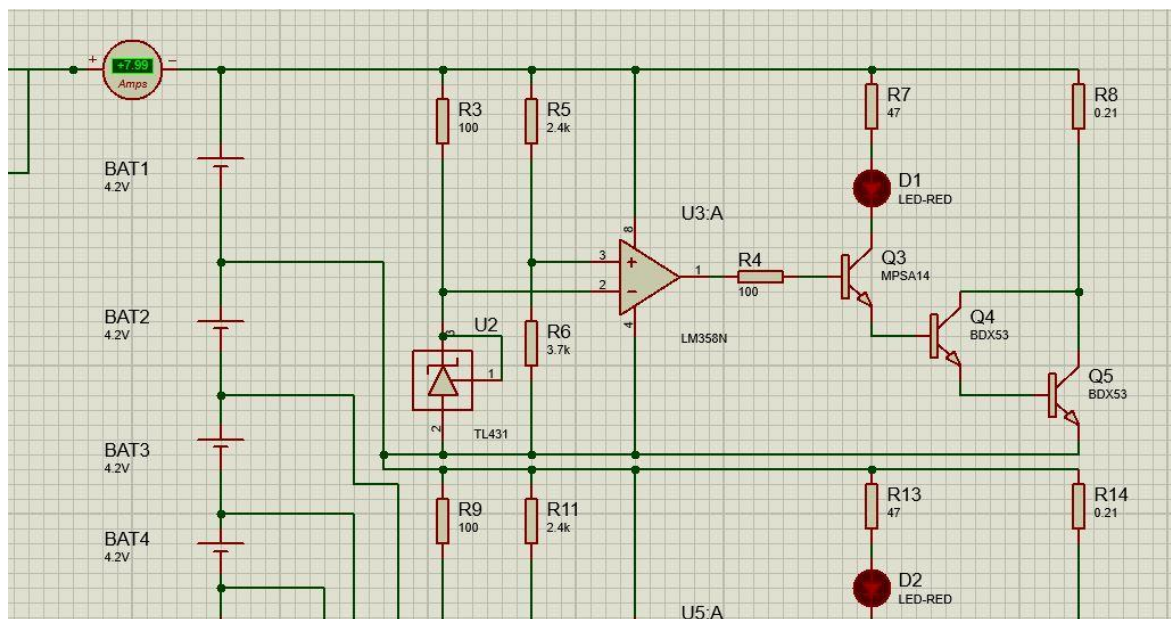


Figura 16. Captura PROTEUS simulació detallada

S'adjunta figura més detallada de l'anterior, concretament en l'amperímetre d'entrada a les cel·les.



Figura 17. Captura PROTEUS corrent entrada simulació

En la figura anterior, es pot observar en un primer instant, a la part superior esquerra de la figura com el corrent que es subministra a les diferents cel·les del circuit és de 7.99A, que corresponen als 8A 1C

A continuació veurem el cas en que totes les cel·les estiguessin carregades excepte una com es comportaria el circuit, per atal de comprovar així la funcionalitat d'aquest mitjançant la simulació. En aquest cas la cel·la escollida per a no estar carregada és la cel·la N°2 com s'observa a continuació.

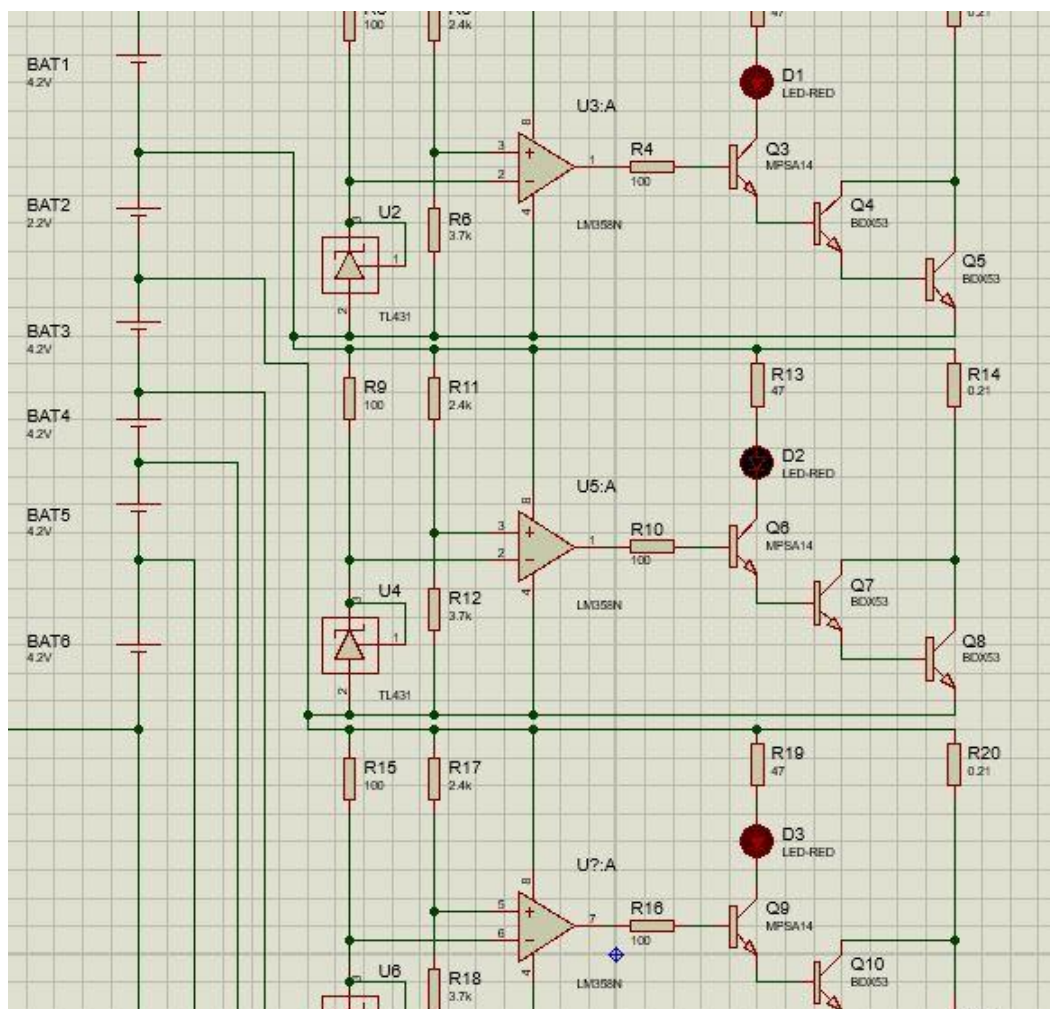


Figura 18. Captura PROTEUS simulació excepte cel·la 2

En el cas comentat, totes les cel·les tenen una tensió equivalent a la tensió màxima de càrrega, i per a tant tenen el seu LED corresponent encès. Per contra la cel·la 2 encara està en procés de càrrega, concretament el seu estat és de 2,2V, i per a tant, necessita subministrament de corrent, per a tal de poder seguir carregant-se, en conseqüència, el LED, està sense il·luminació.

Una de les característiques a comentar del circuit, es que PROTEUS, ens permet saber el valor global de tensió de cada cel·la, per a fer-ho ens situem sobre el component en qüestió, realitzem un clic, i s'obté el següent:

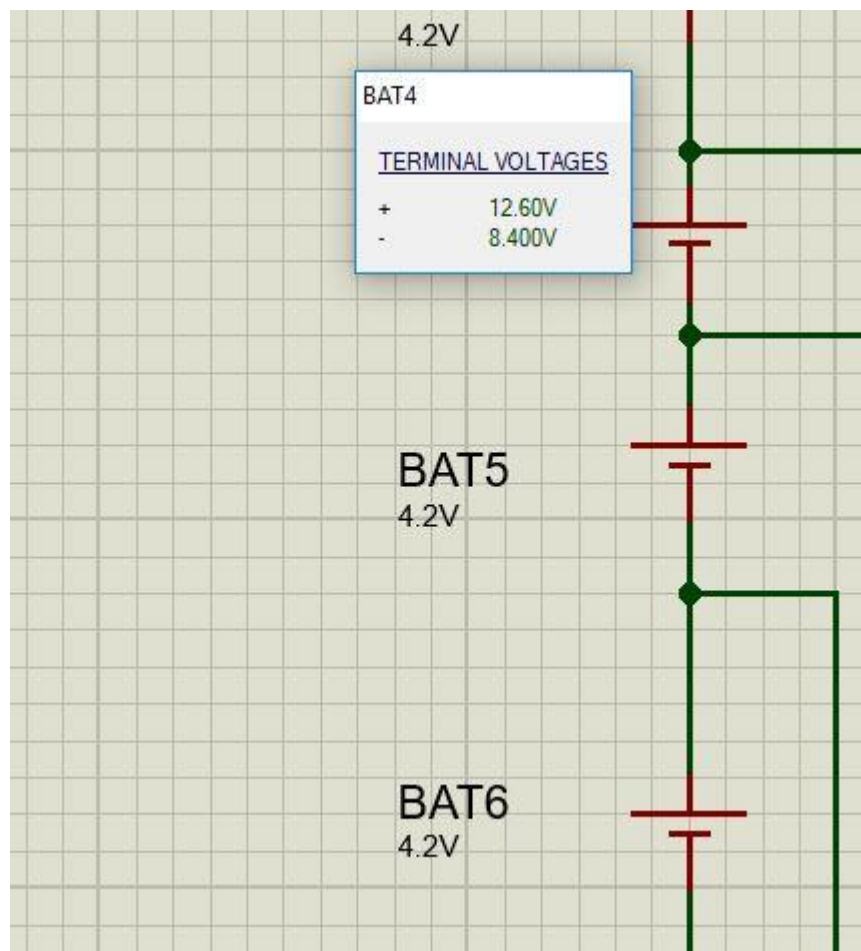


Figura 19. Captura PROTEUS dades tensió global en BAT4

En el cas de la figura anterior, observem el fet de que la cel·la 4, està compresa entre els valors 8,4V i els 12,6V. Aquest fet ens permet comprovar, de que no hi hagi cap element que augmenti la tensió de forma inesperada, i si tenim les 6 cel·les a 4,2V, podem assegurar que s'obtenen els 25,2V esperats.

14.2. Simulació bifurcació de corrent

Un dels apartats més importants a tenir en compte durant la simulació, és que passa amb el corrent, en els dos estats, en els que es pot trobar una cel·la. Per a comprovar-ho, se situarà un amperímetre, al costat d'una de les bateries del circuit simulat en PROTEUS, i així es mostrarà el fet de si el corrent està passant per la cel·la de la bateria, o per el LED del circuit.

Cal comentar que el fet d'anar afegint aparells de mesura dins de PROTEUS, va sumant errors en les dades, i en aquest cas suma corrent. Però si es mesura amb altres programes de simulació com ara PSCICE s'obtenen els valors desitjats. PROTEUS treballa amb moltes dades per a cada numero, de fet, en el propi inici del circuit no marca els 8A desitjat, i en marca 7,99A. Cal tenir en compte que al final es tracta d'un programa amb un nivell de computació elevat, i pot treballar amb molts decimals.

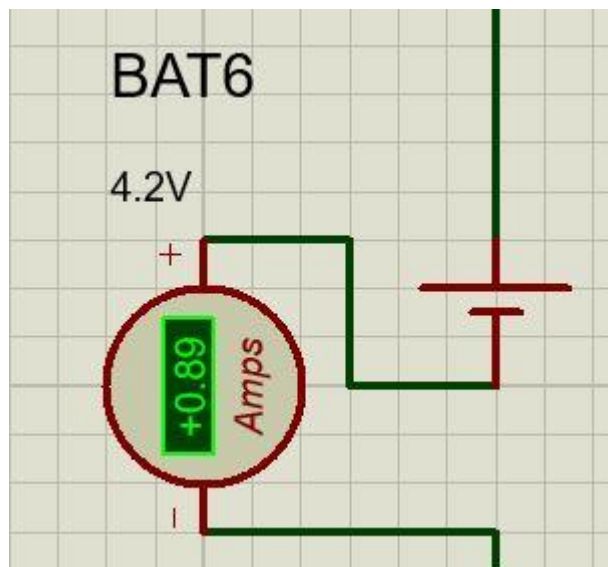


Figura 20. Captura PROTEUS bifurcació corrent carregada

En la figura anterior, es pot observar com només circularia un petit corrent de manteniment en la cel·la, degut a que la tensió d'aquesta és de 4,2V.

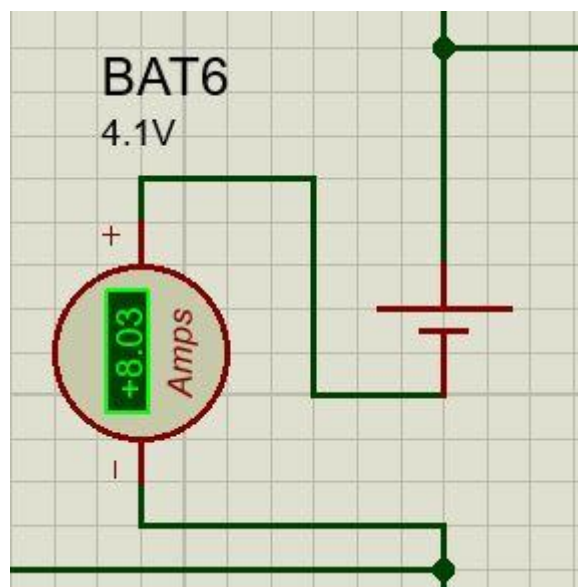


Figura 21. Captura PROTEUS bifurcació corrent carregant

Com es pot observar en la figura anterior, la cel·la 6 no està carregada completament, i per tant necessita del corrent 1C per a seguir carregant-se fins a poder arribar als 4,2V, i que aleshores mitjançant l'actuació de l'amplificador operacional, s'activi el circuit, i es bifurqui el corrent cap als transistors, per a poder mantenir la seguretat en la bateria.

14.3. Simulació imparells

Per a poder comprovar la independència de cadascuna de les cel·les, es considera oportú, el fet de poder realitzar, una simulació on només 3 de les 6 cel·les es trobin en estat de carregades. Per a simplificar-ho s'escullen aquelles cel·les imparells, com a carregades, 1,3 i 5, i les de nombre parell com a descarregades.

Aquest fet es fa per a poder detectar problemes de comportament en casos puntuals, i per a facilitar després casos a comprovar durant la realització de la prova de camp al laboratori. S'escullen com a valors de prova 4,2V i 2,2V respectivament.

Cal comentar, que si cadascuna de les cel·les té un valor diferent, es comporten de la forma esperada.

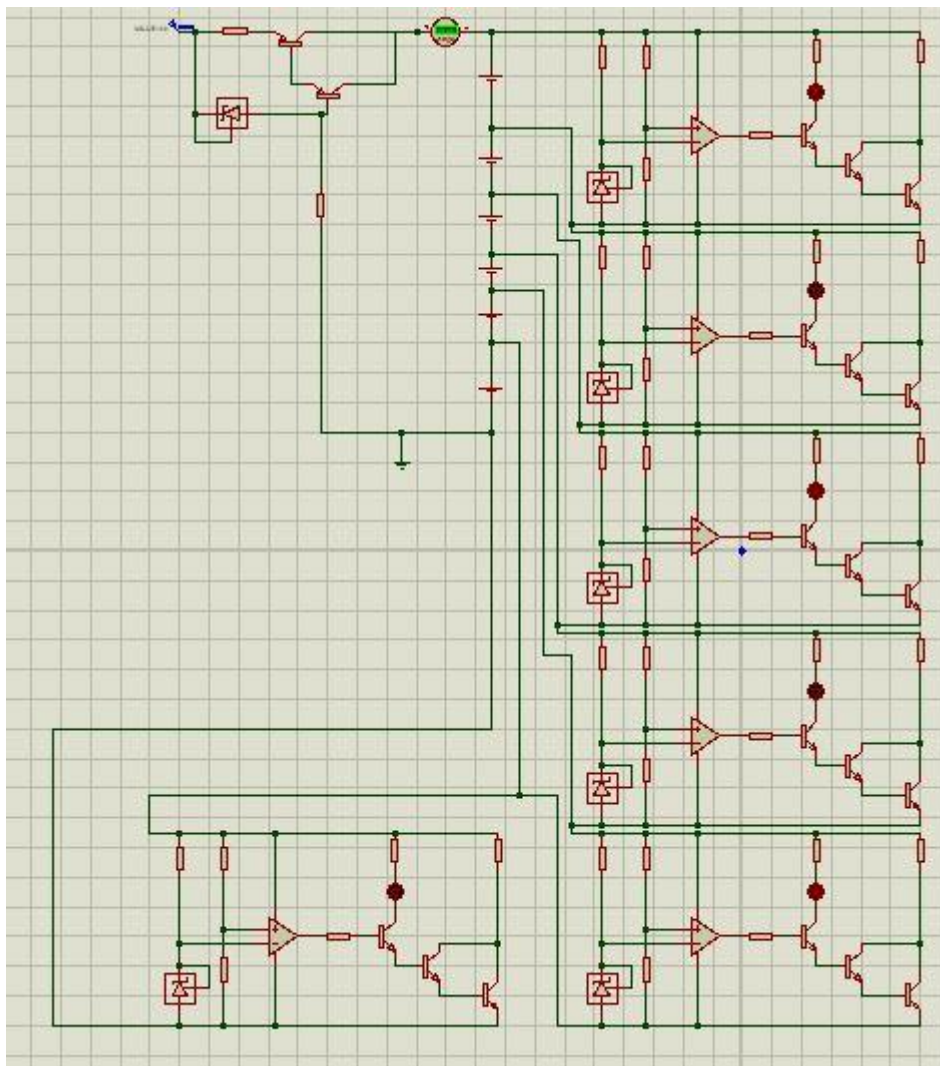


Figura 22. Captura PROTEUS general imparells

La figura anterior de forma general del circuit, no mostra amb tota la profunditat, ni l'estat dels LEDs, ni els valors comentats de tensió, que es passen a detallar seguidament.

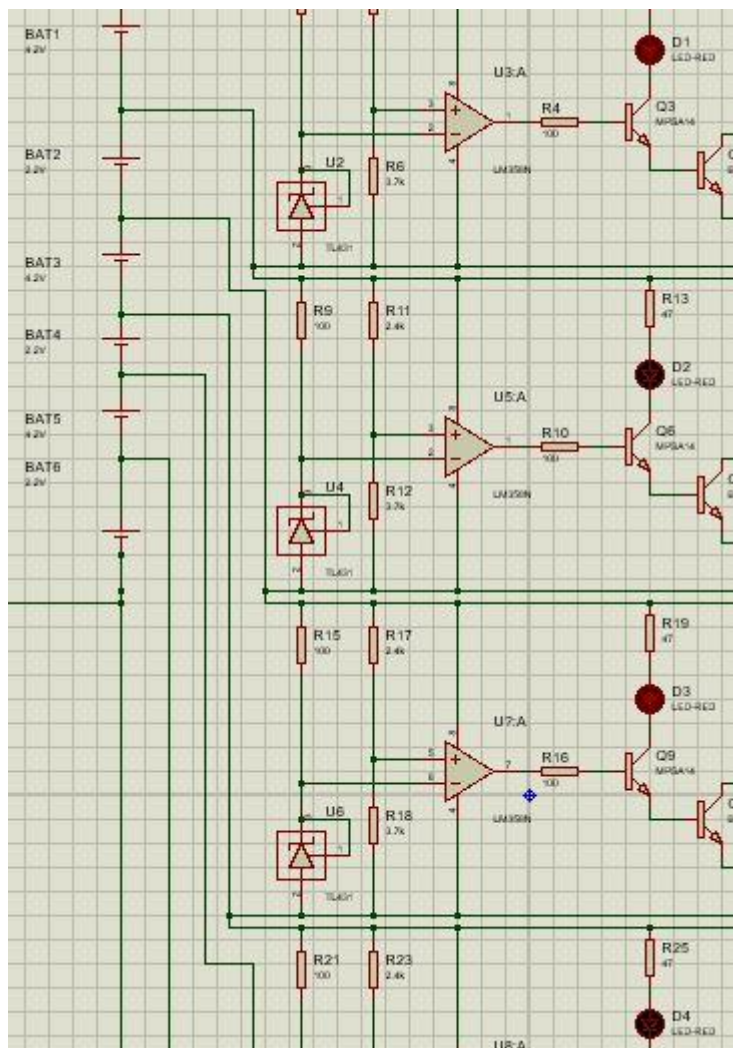
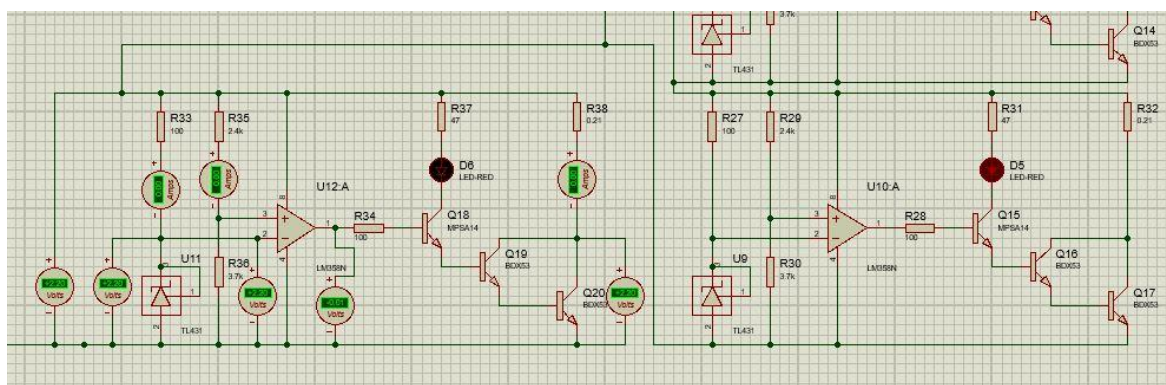


Figura 23. Captura PROTEUS imparells detallada

Aquesta figura, ja mostra l'estat dels LEDs corresponents a les cel·les entre la 1 i la 4, i tots els valors de tensió a la cel·la, ja siguin aquests de 2,2V o de 4,2V.



14.4. Simulació cel·la

Per a fer-ho s'ha dotat la part 6 del circuit balancejador, dels amperímetres i dels voltímetres necessaris, per a tal de poder veure i analitzar les dades en cada part clau del circuit.

Es passen a exposar els dos casos a observar en cadascun dels apartats del circuit, el fet de que la cel·la de la bateria, es trobi en una situació de tensió de càrrega màxima, a 4,2V, i que aquesta estigui per a sota d'aquest valor, i l'operacional, encara no hagi actuat, i indicant així que la cel·la de la bateria, encara necessita corrent de càrrega.

14.4.1. Cas cel·la carregada

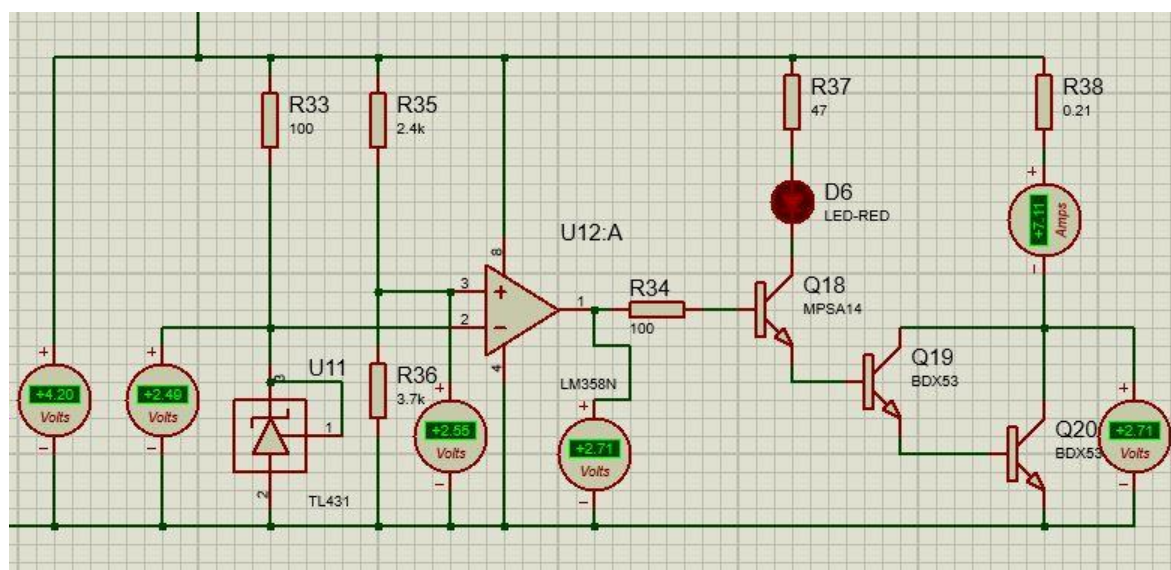


Figura 25. Captura PROTEUS simulació cel·la dades carregada

Primer de tot s'analitzarà el cas en que la cel·la de la bateria, es trobi en la seva tensió màxima de càrrega, per a tant, els 8A corresponents al 1C no han de passar per la bateria, si no que han de bifurcar-se, degut a l'actuació de l'amplificador operacional.

El primer voltímetre de tots, situat a la part baixa a l'esquerre, ens situa en el cas de que la cel·la corresponent, en aquest cas la 6, es troba en un valor de tensió de 4,2V.

Seguidament s'observa, que el TL431, està, com ja s'ha comentat anteriorment en aquest projecte, limitat a la seva tensió de referència, que correspon als 2,5V (2,49V a PROTEUS), mitjançant la connexió entre els seus pins 1 i 3. Aquesta tensió es la que rep l'amplificador operacional en la seva entrada negativa.

L'operacional actuarà, quan detecti, que la tensió a la seva entrada positiva, és superior a la de la seva entrada negativa, i dotarà així la seva sortida de tensió, indicant doncs al circuit que la cel·la en qüestió es troba ja en el punt de tensió de càrrega màxima. S'obtenen els 2,71V a la sortida de l'amplificador, degut a que gràcies a que el corrent circuli per al pont de Wheatstone, la tensió que l'entrada positiva de l'operacional té, és de 2,55V, essent així superior a la de referència del TL431.

En l'altre part de la resistència de 100Ω de la sortida de l'operacional, s'obtenen 2,49V en aquest cas. Així doncs, també es pot observar, com els transistors, sobretot els Darlington, passen dels 2,2mA que hi han a la resistència de 100Ω fins als 7,11A finals en aquest cas, s'adjunta a continuació fotografia detallada.

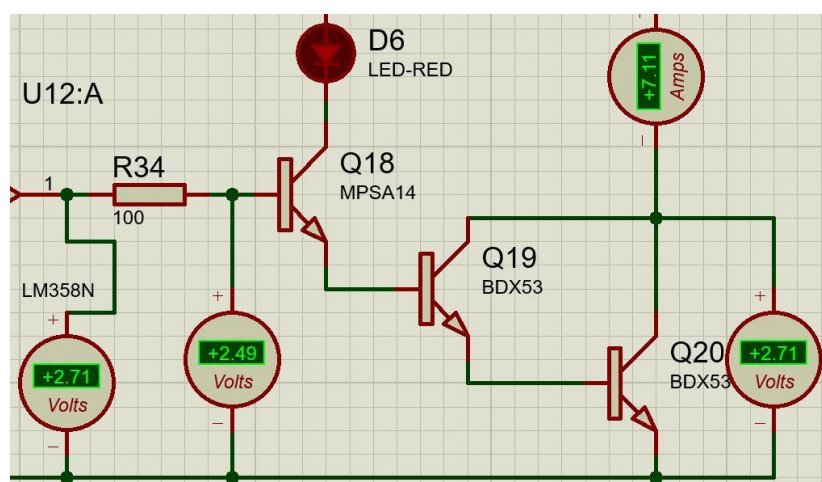


Figura 26. Captura PROTEUS dades detall

Finalment també es pot observar, com s'encén el LED, per avisar de que la cel·la, en aquest cas N°6, ja està en el valor de la tensió de càrrega màxima.

14.4.2. Cas cel·la descarregada

Es passaran a exposar doncs, els resultats obtinguts de simular una cel·la encara per a carregar, és a dir prèviament a l'actuació de l'operacional. Concretament, s'ha escollit el cas de tensió en la cel·la de la bateria 3,5V.

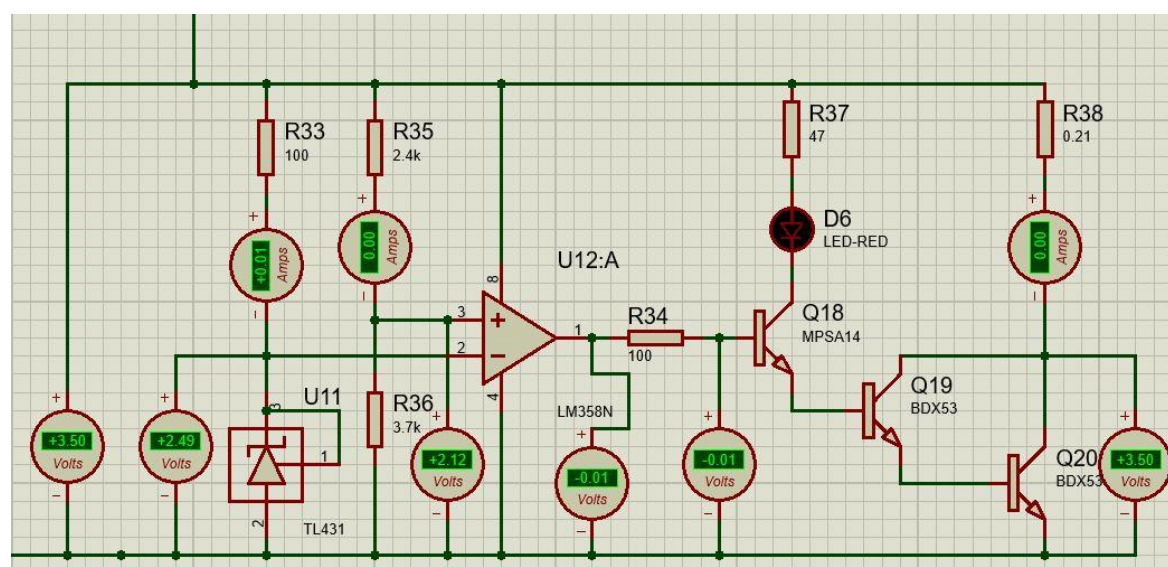


Figura 27. Captura PROTEUS simulació cel·la dades descarregada

Com es pot observar la part anterior a l'amplificador operacional, es comporta en un principi de la mateixa manera. El primer voltímetre mostra la tensió en el apartat del circuit balancejador, corresponent a la cel·la 6, que en aquest cas encara no ha assolit el seu valor de tensió de càrrega màxima, i per a tant encara necessita corrent a 1C.

Així doncs observem que en el cas que ens ocupa, la cel·la es troba en un estat de tensió de 3,5V.

Seguidament, s'observa el factor clau, per a la no activació del amplificador operacional, la tensió en l'entrada negativa, o inversora, és superior a la positiva o no inversora. Com ja s'ha explicat anteriorment. Aquests valors, corresponen, en el cas del TL431, al valor de referència, de 2,5V (2,49 a PROTEUS), i en el cas de l'altre part del pont de Wheatstone, s'obtenen 2,12V en aquest cas a l'entrada positiva del amplificador operacional, així doncs aquest no actuarà.

Com es pot comprovar, el fet de no estar a 4,2V a part d'implicar la no actuació de l'amplificador, comporta, que tant els transistors, no rebin corrent d'activació, i no es pugui encendre el LED. Es pot observar que la tensió en el conjunt dels dos Darlington, correspon, a la mateixa tensió de la cel·la, degut a que els Darlington no subministren corrent a la resistència que tenen a sobre, en aquesta no cau tensió, i per a tant tota cau en ells.

Òbviament, no hi ha prou tensió a la sortida de l'operacional, per a poder activar el MPSA14, i que aquest subministri el corrent suficient per a l'encesa del LED, que queda apagat.

15. Disseny PCB EAGLE

En aquest apartat es treballarà amb un altre software informàtic dedicat a l'electrònica, en aquest cas es tracta de l'anomenat EAGLE, pertanyent a CAD (AUTODESK), en la versió utilitzada 8.4.1.

L'EAGLE també ens ofereix un ampli catàleg de components electrònics. Catàlegs sobre els quals podrem trobar gairebé tots els components necessaris, els seus equivalents, o si no ens donarà la possibilitat molt més avançada de poder crear els nostres propis components, per a un component molt específic ja existent en el mercat.

En el projecte l'EAGLE, es va començar a emprar en un principi per a realitzar totes les simulacions, però després com ja s'ha comentat es va escollir finalment el PROTEUS, que donava més facilitat en aquest aspecte. No obstant aquest fet, la utilització del EAGLE, ha permès l'aprenentatge d'un nou programa, que facilita molt el disseny de circuits impresos o altrament coneguts com a PCB (Printed Circuit Board), provinent del Anglès.

Tot i no saber per la duració del projecte si es podrà arribar a materialitzar, finalment s'ha emprat l'eagle per a poder dissenyar una de les cel·les en PCB, encara que sigui només a nivell informatiu.

Per a fer-ho primer s'ha creat una cel·la escollint els components corresponents, com mostra la següent figura:

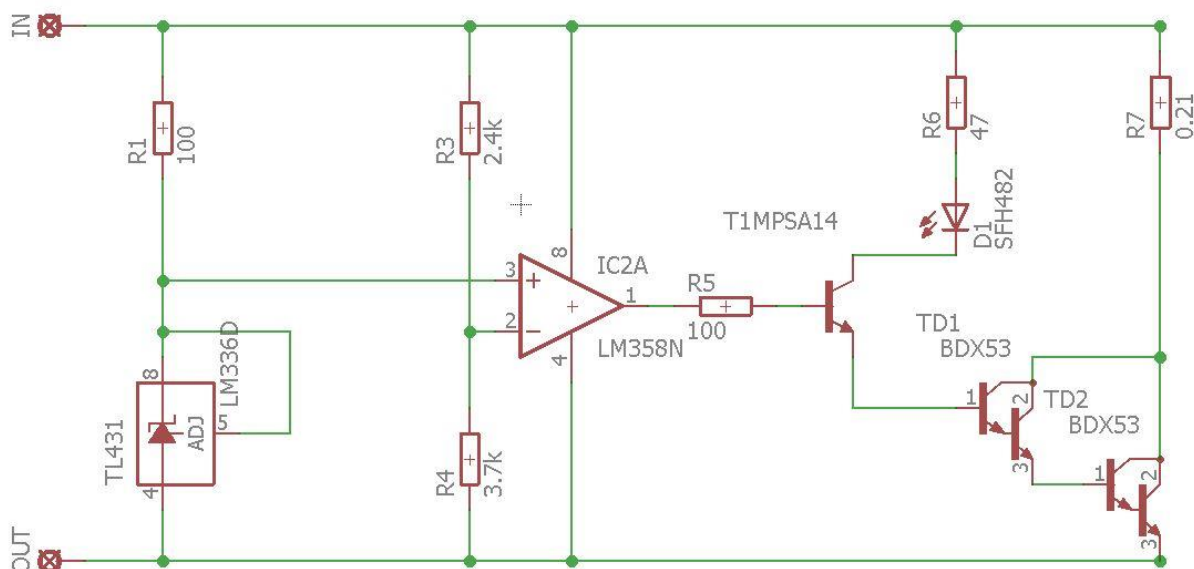


Figura 28. Disseny esquemàtic EAGLE

Comentar respecte al disseny en EAGLE les següents peculiaritats, o dificultats alhora de trobar els components adients.

La primera incidència rau en el propi amplificador operacional. EAGLE, per a tots els seus A.O. els mostra en primera instància sense els pins corresponents a l'alimentació (en el nostre cas el 4 i el 8 respectivament), que cal afegir accedint a les propietats del propi component.

Cal afegir també les entrades, en el nostre cas tot i anomenar-se IN i OUT respectivament, no existeixen com a tal, si no que cal afegir el component anomenat LSP10. Existeixen altres diàmetres, però el cercador de components del EAGLE en facilita l'elecció.

El TL431, no existeix en EAGLE, de forma predeterminada, ni en les llibreries més comunes que es poden afegir al mateix programa. Per tant, s'ha buscat un equivalent, que realitza la mateixa funció com és el LM336D, tot i tenir una numeració diferents a les potes, ja que el TL431 empra 1,2 i 3; el LM336D té per contra 4, 5 i 8.

Amb el transistor emprat passa el mateix, el MPSA14 no surt en el buscador, però si el seu equivalent, BF959. Un cop afegim però, el BF959, si accedim a les seves propietats, veurem que ens surt com a nom dins del EAGLE el MPSA14.

A continuació es mostra el disseny resultant en PCB mitjançant EAGLE.

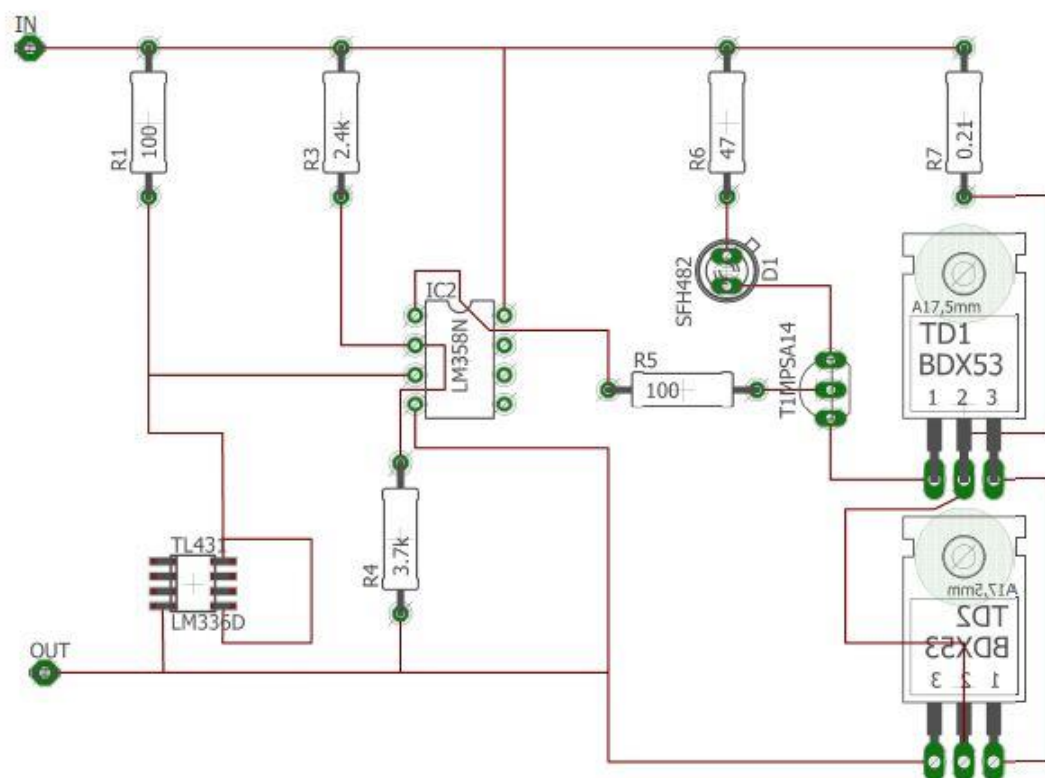


Figura 29. Disseny PCB amb components

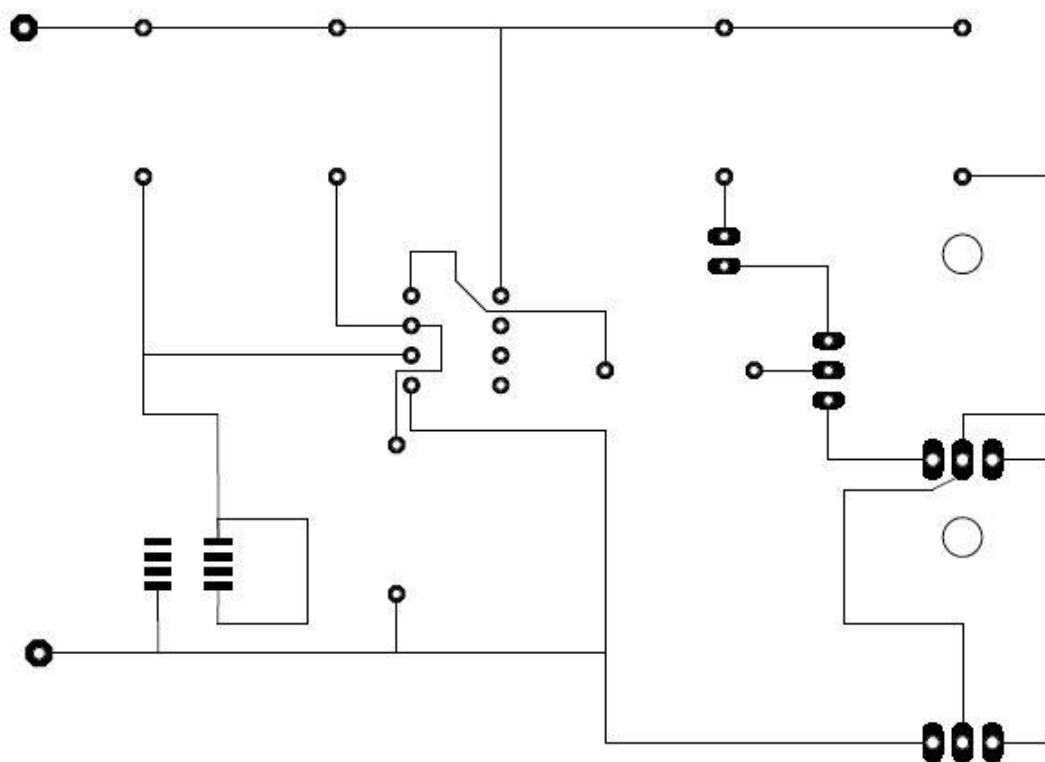


Figura 30. PCB negra

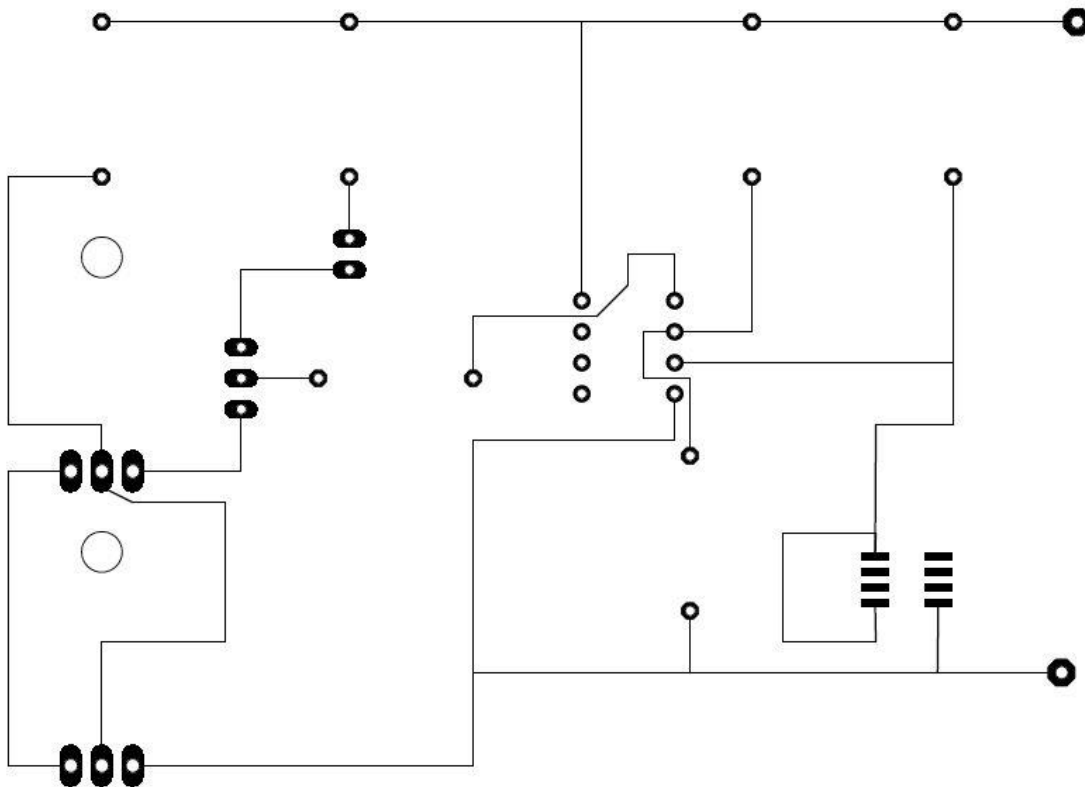


Figura 31. PCB negre invertit

Les tres figures anteriors mostren així doncs el circuit en format PCB previ a la seva impressió. En la primera de les figures es poden observar les pistes, amb tots els seus components, incloent nom i els seus valors corresponents.

Seguidament ens trobem amb la segona figura, que aquesta ja si és el primer dels dos negatius que ens trobem, aquesta, mostra ja les pistes en color negre, i dels components emprats només en resta l'espai que ocuparien en una possible futura placa impresa.

La última figura que compona aquest apartat del projecte, és simplement la mateixa que la segona, però invertida, s'obté aplicant la funció "MIRROR" que el propi EAGLE facilita, per a poder implementar una impressió a doble cara si fos necessària.

Cal comentar que s'esperava una major dificultat alhora d'elaborar el disseny negatiu i les rutes de les pistes en un principi. EAGLE però facilita molt aquesta tasca, ja que amb un simple botó es passa del esquemàtic previ, a la zona de treball del futur circuit imprès amb tots els components, i els seus links corresponents.

Un cop arribat a aquest punt, només cal seleccionar la funció “ROUTE”, i situar-se sobre un dels pins del component, i arribar al següent component, fàcil de fer, degut a que EAGLE els marca en un verd més fort a la resta d'elements del circuit.

Important també el poder implementar la funció “RATSNEST” del propi programa, que ens permet saber la quantitat d'elements que falta per connectar o dibuixar la pista corresponent.

Un cop preparats per imprimir el resultat de la PCB, EAGLE ho facilita molt, podent seleccionar la quantitat d'informació que es voldrà incloure en la futura impressió, i podent exportar el resultat a PDF.

16. Materials i components emprats

En aquest apartat es procedirà a comentar tots els materials, components, instruments, eines i estris necessaris per a tal de poder efectuar el muntatge final. Cal a dir que aquest pas ha de ser per força posterior al disseny del circuit i a la seva corresponent simulació.

Òbviament que no es disposarà de tots els elements necessaris, i alguns s'hauran d'adquirir mitjançant compra, o d'altres es podran utilitzar, si es troben disponibles en un laboratori d'electrònica.

16.1. Components electrònics

Els components electrònics necessaris per a poder elaborar el disseny del circuit són els mostrats en la següents taules:

Circuit Previ	Nombre total d'Unitats
Transistor Darlington BDX54	2
Zener TL431	1
Resistència 220 Ω	1
Resistència 0,12 Ω	1

Taula 2. Components circuit previ

Cel·la	Nombre total d'Unitats
Amplificador Operacional LM358N	1
Transistor MPSA14	1
Transistor Darlington BDX53	2
Zener TL431	1
Díode LED 5mm	1
Resistència 3,7K Ω	1
Resistència 2,4K Ω	1
Resistència 100 Ω	2
Resistència 47 Ω	1
Resistència 0,21 Ω	1

Taula 3. Components cel·la

NOTA 1: Com es pot deduir el fet de que el circuit estigui format per a 6 cel·les fa, que els components de la segona taula d'aquest subapartat s'hagin de comprar sis vegades les quantitats mostrades en la taula.

NOTA 2: Degut al fet de no poder trobar de forma comercial, dos dels valors de les resistències, com són els de 0, 12 Ω i 0,21 Ω , s'implementaran resistències en paral·lel de valor 1 Ω , per a obtenir els valors en forma de resistència equivalent desitjats. S'escull aquesta opció ja que implementar potencímetres, podria distorsionar els resultats esperats. Així doncs s'implementaran 8 resistències de 1 Ω per a obtenir, 0,12 Ω i 5 resistències de 1 Ω per a obtenir 0,21 Ω . Cal tenir en compte doncs que mínim, s'hauran d'adquirir 38 resistències de 1 Ω . Aquest fet també està comentat en l'apartat de prova de camp del projecte.

NOTA 3: És àmpliament recomanable comprar components en excés per a tal de prevenir defectes en els components adquirits. Si es compren només els components justos, i un s'ha de substituir o canviar, això provocaria un altre problema a resoldre, que es pot preveure obtenint més components dels mínims necessaris.

16.2. Instruments

Per a poder comprovar el funcionament del circuit es necessitaran els següents elements:

	Nombre total d'Unitats
Font de tensió	1
Òhmmetre	1
Amperímetre	1
Voltímetre	1
Multímetre	1
Cables banana-banana	X
Protoboard	1

Taula 4. Instruments necessaris

16.3. Eines

Per a tal de poder confeccionar el muntatge del circuit caldrà emprar les següents eines:

	Nombre total d'Unitats
Soldador	1
Estany	X
Placa de tops de baquelita 1mm 78x90	1
Placa de tops de baquelita 1mm 156x90	3
Cable flexible	X
Alicates	1
Pela-cables	1
Pinces	1

Taula 5. Eines emprades

NOTA 1: És recomanable que el cable flexible que s'adquireixi, sigui de diferents colors. Així, si s'identifica cada part del circuit a un color, si sorgeixen problemes durant el procés de soldadura, es podran resoldre amb més facilitat identificant més ràpid el lloc o component concret on s'ha d'actuar, o quin element substituir.

NOTA 2: Tant en el subapartat 16.2 com en el 16.3, s'han marcat amb una X, aquells elements els quals és difícil de preveure la quantitat a utilitzar, ja que aquesta depèn molt de la persona que realitzi el muntatge, sobretot en el cas del cable i de l'estany.

Comentar el fet de poder realitzar el muntatge amb la tranquil·litat adient, i sense presses, per a tal de cometre així els mínims errors possible. Realitzar-lo també en un entorn de treball còmode, i amb una bona il·luminació.

Seria convenient que l'entorn de treball no estigués compostat de materials inflamables, a part dels imprescindibles per al muntatge, prevenir riscos d'aquesta manera és una bona manera de mantenir la seguretat tant de l'usuari com de l'entorn.

Cal anar amb compte alhora de treballar amb el soldador, tant per a la composició del circuit, com per a la salut del propi usuari, ja se sap que aquest aparell assoleix temperatures elevades i podria provocar tant cremades, com danys irreparables per al propi muntatge.

Un altre fet a tenir en compte és el fet de treballar amb estany, un cop soldat, aquest desprèn fum. La inhalació d'aquest podria provocar tant malestar com marejos al usuari, cal anar en compte.

17. Proba de camp o Laboratori

En aquest apartat es mostrarà els resultats obtinguts un cop muntat el circuit de forma física mitjançant plaques de tops de baquelita.

Un dels principals problemes amb els que ens hem trobat, ha sigut el fet de incloure tot el circuit, en una sola placa, ja que això comportava una gran aglomeració de components en les cel·les, desembocant en una solució, més pràctica, tot i que generi un volum més elevat en el circuit, però que assegura el correcte funcionament tant dels components com del circuit. Així doncs el circuit estarà compost per tres plaques de tops de baquelita, on en la primera hi haurà el circuit previ, i dos de les cel·les, i en les altres dos plaques quedaran les cel·les tres, quatre, cinc i sis, repartides en parelles.

Com ja s'ha comentat en apartats anteriors d'aquest projecte, el fet de que dos dels valors de les resistències, no es trobessin de forma comercial. Aquest fet es va solucionar, realitzant els càlculs corresponents per a tal de poder implementar resistències en paral·lel, i obtenir així el valor desitjat.

Aquest fet es produeix en la resistència de valor $0,12\Omega$ del circuit previ i en la resistència de $0,21\Omega$ de cadascuna de les cel·les. En la resistència de $0,12\Omega$ el paral·lel està format per 8 resistències de 1Ω , dotant així la composició de una resistència equivalent de $0,125\Omega$, un valor que es podria assolir amb una resistència inicial de $0,12\Omega$ i la seva tolerància corresponent. Per al cas de dintre de les cel·les el paral·lel està format per 5 resistències de 1Ω , donant un valor a la resistència equivalent de $0,2\Omega$, valor que també entraria dins la tolerància d'una resistència de $0,21\Omega$.

El fet de no emprar potenciòmetres per a solucionar el fet anterior, s'explica mitjançant el següent raonament. Les resistències a les quals s'aplica el paral·lel són de valor molt baix, i el error que es comet aplicant el paral·lel pot entrar dins de les toleràncies i no afectar el resultat final. Si utilitzéssim potenciòmetres, per a valors òhmics tant petits, es podria acabar distorsionant molt el resultat final, amb el resultat que es desitjaria obtenir.

Per a realitzar doncs la proba de camp es indispensable disposar d'un laboratori, en aquest cas, es pot emprar un que la Universitat Politècnica de Catalunya, concretament en l'Escola d'Enginyeria de Barcelona Est, cedeix als estudiants que realitzen treballs de final de grau o final de màster. Si no fos possible l'accés a aquest laboratori, s'hauria d'executar la proba en un dels altres de domini públic universitari, o en un laboratori privat.

Les proves realitzades es separaran en dos, primer es comprovarà el comportament d'una sola cel·la alimentant-la individualment, feta amb una placa individual, i després es procedirà a realitzar les proves indicades per al circuit complet.

Un cop realitzat tots els muntatges corresponents, caldrà comprovar que els components estan en el lloc indicat. Per a fer-ho s'utilitzarà un multímetre en la seva funció de curtcircuit, per a poder comprovar la continuïtat, entre cadascun dels cables, i dels components del circuit.

El fet de produir-se un error en la continuïtat, farà retirar el component sobre el qual hi ha aquest error, i canviar-lo per un d'igual. Aquest procediment es fa degut a que en la primera soldadura, i en la posterior retirada del component, aquest es podria escalfar massa, i provocar un defecte en el seu funcionament. Caldrà doncs prevenir aquest fet i obtenir més components de cada dels necessaris.

17.1. Cel·la individual

En aquesta prova es procedirà al assaig en laboratori del comportament d'una de les cel·les de forma individual, amb un circuit fet exclusivament amb una d'elles.

A continuació es pot veure la cel·la esmentada.

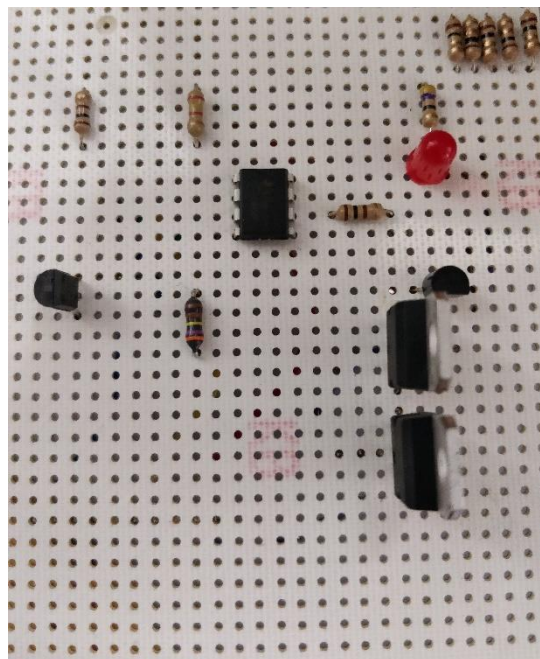


Figura 32. Muntatge cel·la individual

Un cop es procedeixi a realitzar l'assaig, s'observarà el comportament de la cel·la, de la següent manera. Mitjançant una font d'alimentació, s'alimentarà la cel·la i s'observarà el seu comportament progressivament fins arribar al valor màxim dels 4,2V.

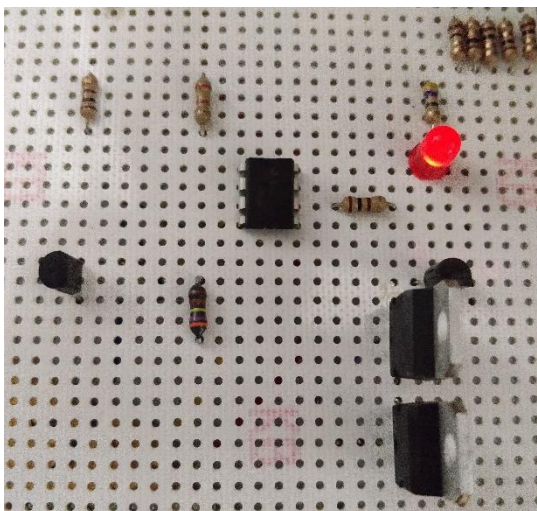


Figura 33. Cel·la individual funcionant

En aquesta última figura es pot observar com el LED encès, determina l'estat de càrrega màxima a 4,2V, i així permet avisar al usuari del seu estat actual. A continuació s'afegeixen altres imatges que detallen els valors i el comportament del circuit esmentat en una cel·la individual.

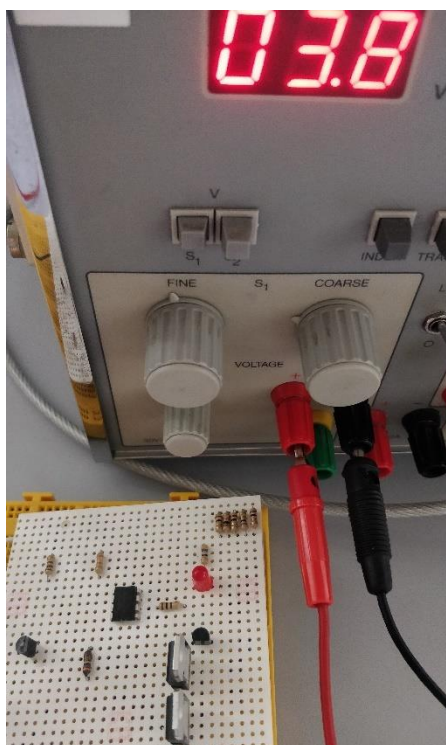


Figura 34. Cel·la individual descarregada

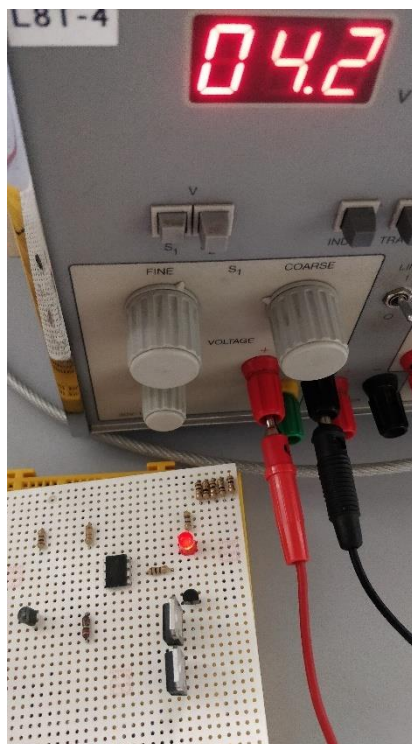


Figura 35. Cel·la individual carregada

Com es pot observar en les fotografies anteriors, tot i estar en un hipotètic cas de càrrega, fins que no s'assoleix el valor de tensió de càrrega màxima el LED no s'encén, degut a que l'amplificador operacional no actua, com ja s'ha comentat en apartats anteriors del projecte.

S'aconsella, que la prova de camp d'una de les cel·les de forma individual, es faci amb la suficient previsió com per a tal de que no fos satisfactòria (cas no donat), es poguessin realitzar els canvis necessaris amb temps de cara a la prova del circuit complet.

17.2. Circuit complet

Per al procés de prova del circuit complet, caldrà primer de tot realitzar el muntatge complet del disseny proposat. Que es podrà veure en la primera de les següents figures. No cal a dir, que durant el muntatge del circuit s'ha d'anar amb cura amb els components emprats, i un cop finalitzat assegurar-se de la continuïtat en els punts que calgui del circuit.

Caldrà doncs en aquesta prova de camp, primer de tot alimentar el circuit complet, i comprovar en el punt entre el circuit previ, i les corresponents cel·les, s'obté el paràmetre 1C o els 8A corresponents.

Mitjançant un multímetre, i alimentant el circuit amb la font de tensió, s'obtenen 7,96A en aquesta mesura.

Així doncs es pot procedir correctament amb la prova de camp.

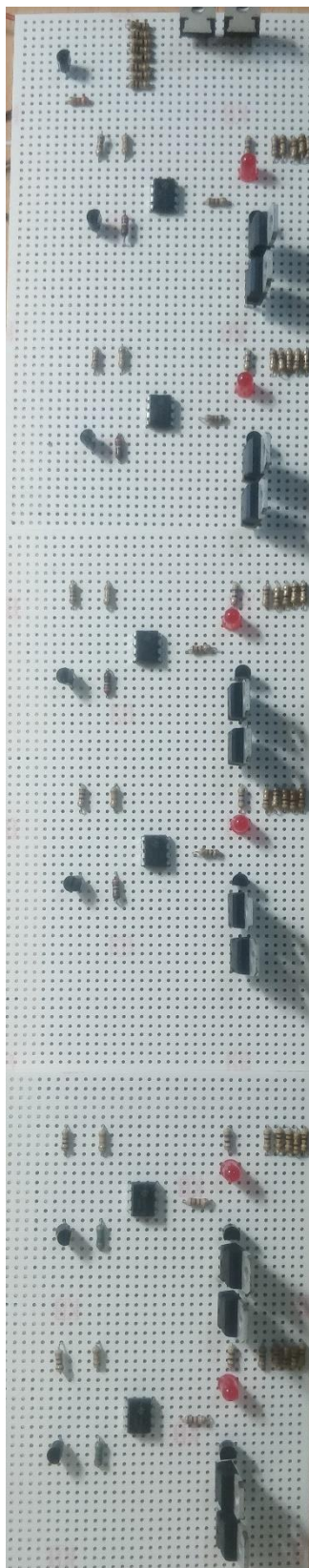


Figura 36. Muntatge circuit complet

Primer de tot es dotarà al circuit de 30V, i ens posarem en la situació de que totes les cel·les estiguin en el seu punt de tensió màxima de càrrega.

Per tant, si tot és correcte, s'haurien d'il·luminar tots els 6 LEDs, i el corrent que subministren els Darlington, hauria de ser el més proper possible als 8A corresponents. S'obtenen 7,92A de mitjana en la realització d'aquesta mesura mitjançant un multímetre.

Les següents tres figures mostren de forma visual els resultats de l'assaig.

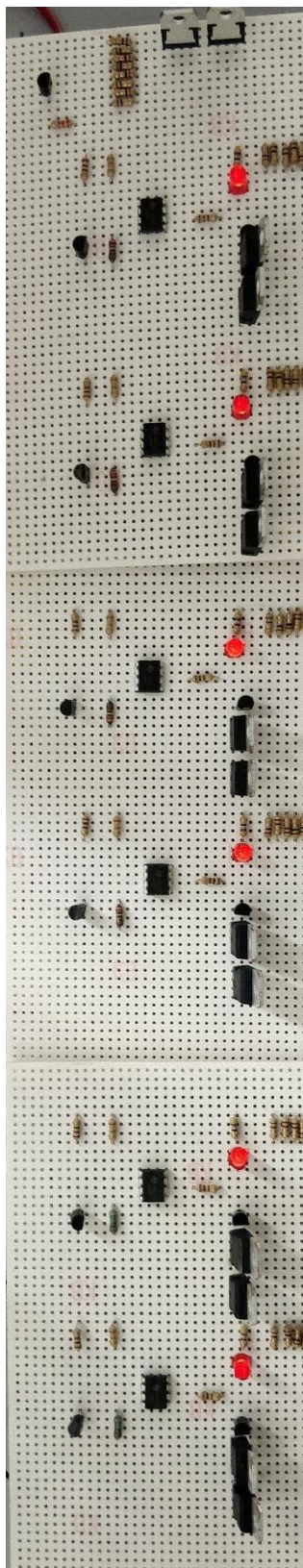


Figura 37. Muntatge circuit complet funcionant

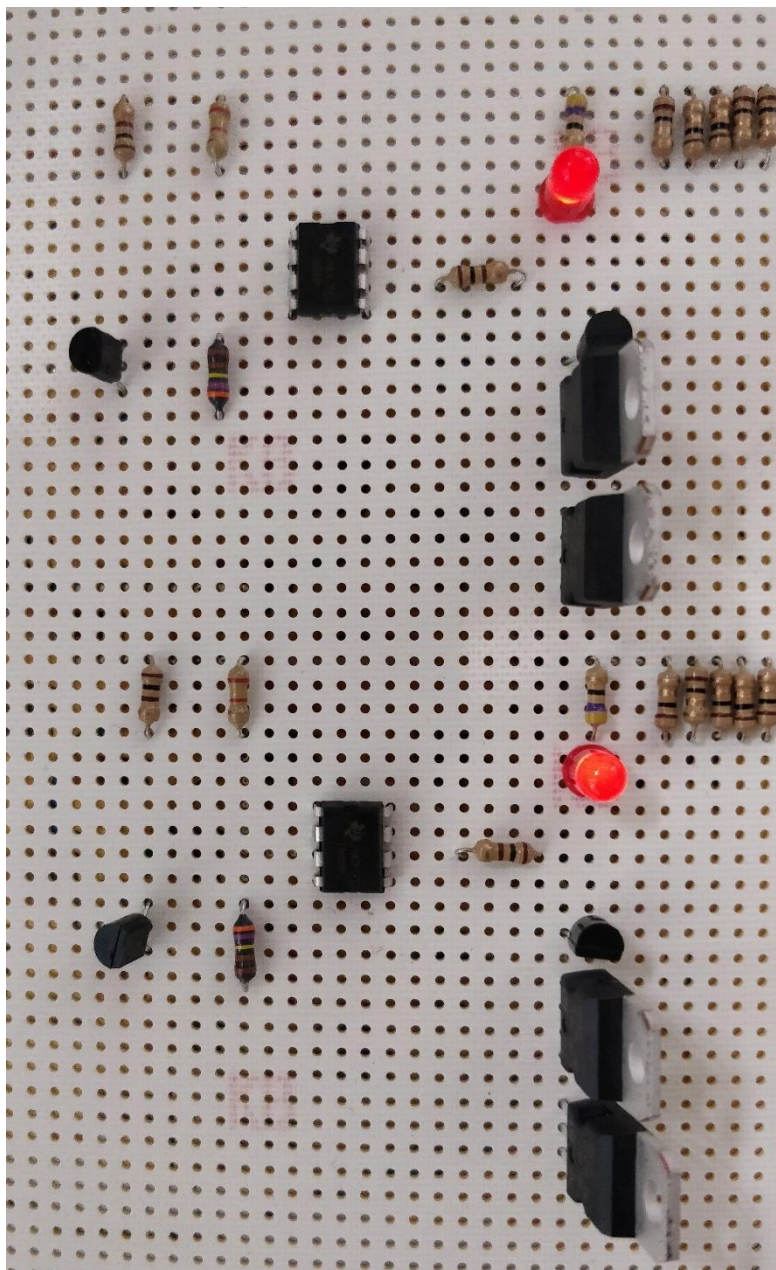


Figura 38. Fotografia detallada muntatge complet funcionant

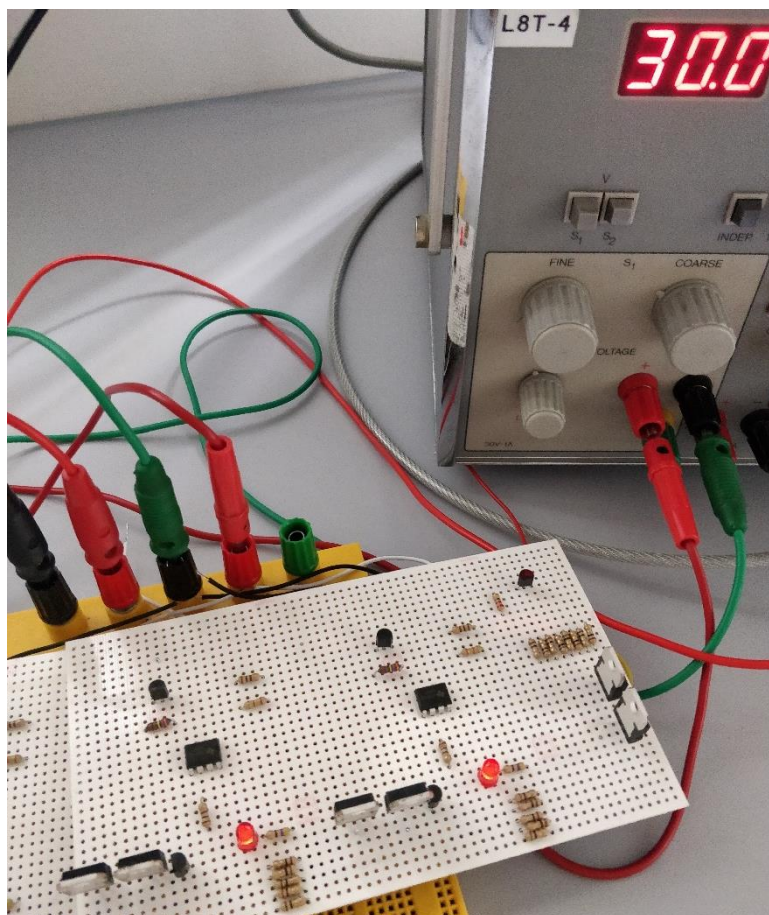


Figura 39. Muntatge complet funcionant 30V

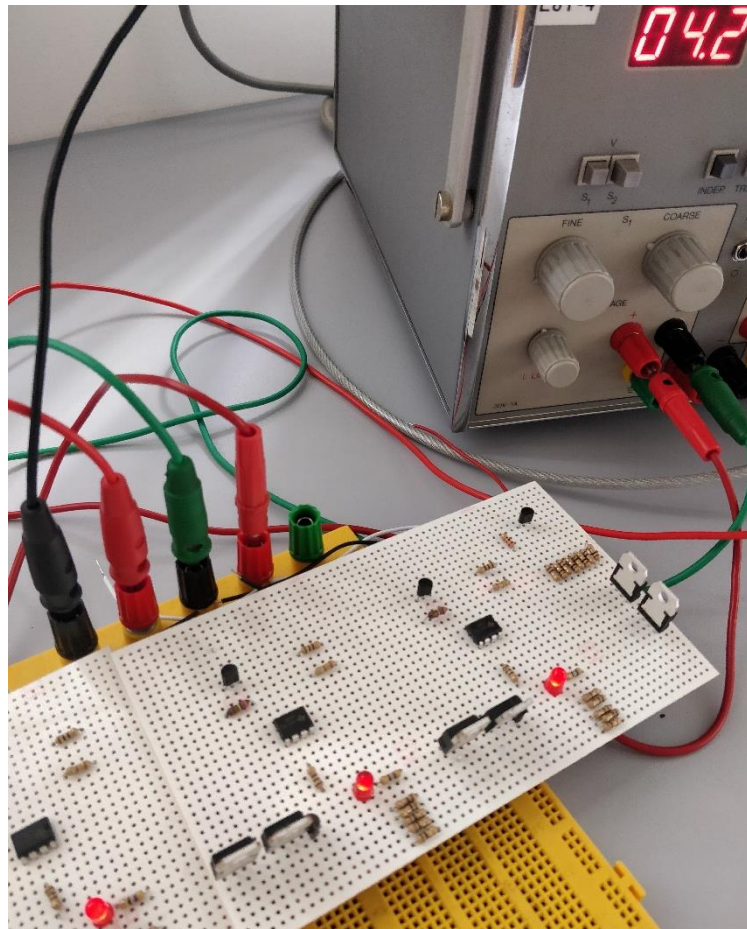


Figura 40. Muntatge complet funcionant 4,2V

Com ja s'ha comentat en apartats anteriors, una prova considerada adequada per a tenir en compte possibles errors, es tracta de donar el valor de tensió màxima carregada a 3 de les 6 cel·les corresponents, o en aquest cas entrades al circuit de balanceig, per a poder detectar errors durant la prova de camp.

Així doncs tal i com s'ha fet en la també en la simulació, es posarà el circuit en la situació de que tant les cel·les 1,3,5 estiguin en situació de tensió màxima de càrrega, 4,2V, i la resta de cel·les no.

Es realitza el mateix procés que per a la situació de que totes les cel·les estiguessin en el punt de tensió màxima de càrrega.

Les següents tres figures mostren el resultat de l'assaig.

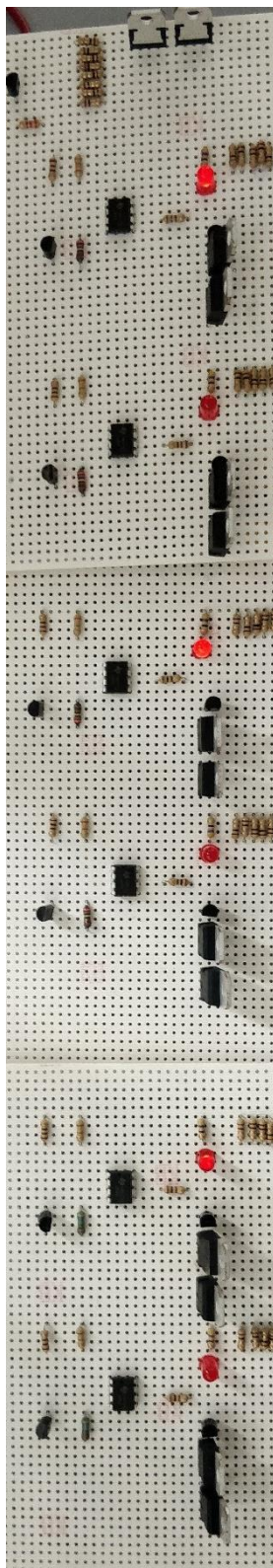


Figura 41. Muntatge complet imparells funcionament

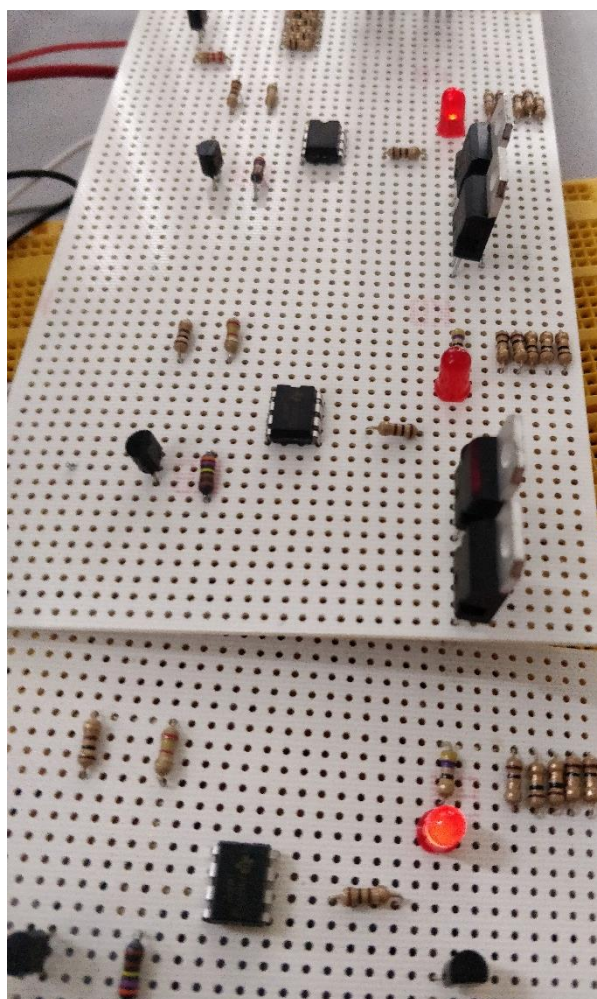


Figura 42. Muntatge detallat imparells funcionament

18. Errors en el procés de disseny

Un punt important en qualsevol projecte és l'aprenentatge realitzat al llarg de tot el procés, i aquest sol venir lligat als errors comesos durant aquest període de temps. Cal ser autocrític, i mostrar la millora realitzada a través del error.

En aquest apartat s'aniran comentant tots aquells esdeveniments que han fet possible arribar a un disseny final capaç de funcionar.

Primer de tot es va intentar estudiar el circuit dissenyat per un company en el seu treball de fi de grau.

En realitzar l'estudi corresponent al seu disseny proposat, es van observar però diferents errors, que impossibilitaven seguir desenvolupant la seva idea, i crear un disseny completament nou. Es va observar el fet de que simulant el seu disseny, s'obtenia un corrent en el LED, que era excessiu per al component, no podent assegurar així, el fet de que aquest component no es fes malbé, i que el circuit es comportés com estava previst.

Posteriorment es va seguir simulant la mateixa idea, canviant components, i afegint-ne de nous, però no va ser possible arribar a una solució adient.

Després de comentar aquest fet amb un dels tutors del projecte, em va suggerir la possibilitat d'utilitzar un amplificador operacional com a comparador de l'estat de cada cel·la, i poder comprovar així si la cel·la estaria en el seu punt de tensió màxima de càrrega o no.

Primer de tot es va cometre l'error d'emprar en les simulacions del nou disseny un amplificador operacional d'alimentació simètrica. Aquest fet produïa, en primer cas que no s'obtinguessin cap dels valors esperats, però ni tant sols el comportament del A.O. que es preveia com a governador del circuit.

Un cop comentat aquest fet, es va parlar amb el professor, i per arreglar-ho es va acabar optant per l'elecció del LM358N com amplificador operacional escollit, ja que aquest permetia una alimentació única, com s'ha comentat en el seu apartat dins del projecte.

Aquest pas, va ser prou important per assentar les bases sobre les quals s'hauria de dissenyar el propi circuit.

Però no tots els problemes van acabar aquí. Seguidament es va disposar la configuració prèvia al amplificador operacional dins la cel·la, mitjançant un pont de Wheatstone.

En la primera composició, es va observar, que el pont no podia estar format per quatre resistències simplement, ja que si no un cop assolits els 4,2V de tensió màxima de càrrega a la cel·la, el circuit seria estàtic. Per tant la solució escollida va ser dotar la una de les posicions del pont amb un díode Zener, capaç de conduir en ambdós sentits, i així poder bifurcar el corrent, segons l'estat de tensió del circuit.

En un primer instant, aquest es va optar per un díode Zener qualsevol, sense tenir en compte la tensió de referència. Es va observar que el circuit ja no era estàtic, però tampoc s'obtenien els valors adequats en tensió. Es va procedir a l'elecció del TL431 com a Zener en aquesta posició per a poder fixar així 2,5V de tensió de referència. Com ja s'ha comentat anteriorment, aquest component permet modificar la seva tensió de referència en un rang des dels 2,5V fins als 36V.

Després doncs, es passaria al disseny de la part posterior a la sortida del amplificador operacional. Com ja s'havia tingut en compte degut al estudi del disseny del company anterior, ens vam disposar a situar el LED. Per a poder preveure que en la simulació el corrent no excedia el necessari.

Això no va ser possible, i va acabar desembocant, en reduir dràsticament el valor de les resistències del pont de Wheatstone, fent que no s'arribés per enlloc als valors de tensió desitjats. Així doncs es va decidir deixar la col·locació del LED, i de la seva resistència corresponent com als últims elements a col·locar en la cel·la.

Posteriorment, en la part final de la cel·la restava col·locar els transistors corresponents, i resistències corresponents, per a poder dotar al circuit de la capacitat de conduir o no corrent necessari. Així doncs es va creure erròniament que la funció d'interruptor la realitzarien els propis transistors, i no l'amplificador operacional.

Això comportava la creença errònia, de que a la sortida de l'amplificador operacional, ja s'haurien d'obtenir en el cas crític de tensió els 4,2V corresponents per cel·la. Aquest error feia, que no es pogués mai tancar el cicle dins la cel·la, i emprant per aleshores tres transistors simples, no es pogués obtenir mai una situació de canvi.

Després de parlar-ho amb un dels tutors, es va comentar que aquest fet no era així, i que la tensió a la sortida del amplificador operacional, s'havia de considerar de valor desconegut, i emprar transistors Darlington, per a tal de poder assolir els 4,2V, provinent d'un valor de tensió molt petit a la sortida del A.O. El meu error va ser caure, en la conclusió de que aleshores tots els transistors inclosos en el disseny de cadascuna de les cel·les havia de ser Darlington.

Això desembocava en un corrent final superior als desitjats 8A. I feia que en cap dels llocs, es pogués situar el LED, degut a que els corrents que s'obtenien eren excessivament alts, tant per al LED, com per al disseny de la pròpia cel·la. Fent així que s'assolissin valors de tensió a la cel·la, amb els quals la bateria hagués directament explotat.

Un cop arribat aquest punt, no obtenia mai marges, en els quals els cicles de càrrega poguessin estar inclosos; és a dir, una part del circuit em limitava per sota les tensions a 2,1V, i si començava el circuit basant-lo en els transistors, s'obtenien valors per sobre dels 20V. Això també comportava el fet de no poder treballar a 1C – 8A. Ja que per una banda els corrents eren massa alts, i per l'altre eren de valors insuficients.

Un cop comentat això amb un dels tutors, em va comentar el fet de que no tots els transistors havien de ser Darlington. Aquesta situació va desembocar en el disseny que s'ha agafat per a desenvolupar. Ja que permetia quadrar i situar el LED per temes de corrent, i limitar la tensió a la cel·la en el límit de tensió de càrrega a 4,2V.

Finalment només va faltar el fet de completar els valors de les resistències corresponents mitjançant la llei d'ohm. Resistències sobre les quals es va haver de treballar, degut a que el fet d'emprar en el cas erroni anterior de 3 Darlington, implicava tenir 4 resistències post A.O. però això donava massa camins al corrent, i no podia ser una solució viable.

Així doncs es va arribar al disseny seleccionat per a poder dur a terme les simulacions corresponents, i poder així, realitzar el muntatge adient.

19. Millores

Com el projecte global de construcció del dron, implementa molt més temps i recursos que aquest propi treball, cal comentar una sèrie de millores possibles, de cara a tenir en compte per a seguir pensant en futures implementacions i consideracions a tenir en compte, ja que el resultat final del dron no es pot donar encara per acabat.

19.1. Circuit imprès

Tot i el previ disseny ja vist en el document d'una cel·la en PCB o circuit imprès, per motius de temps no s'ha pogut acabar implementant.

Realitzar un muntatge amb plaques de tops de baquelita, alleugereix el temps alhora del muntatge, i en facilita la detecció d'errors. El fet de treballar sobre un circuit imprès però, redueix àmpliament l'espai necessari requerit per al conjunt del circuit. Aquest fet és d'agrair sobretot si tenim en compte que el dron suportaria menys pes en el cas de portar el circuit imprès incorporat.

19.2. Utilització d'un mòdul previ

Emprar un mòdul previ per a poder limitar el que rep el circuit tant a nivell de tensió com de corrent, de forma professional, podria assegurar de forma més clara el bon comportament de tots els components del circuit, i allargar-ne la seva vida útil.

Així doncs, es podria buscar un mòdul capaç d'alimentar-se a 220Vac, o a la tensió corresponent, i transformar-los en la seva sortida en 30V/8A en el cas que ens ocupa.

En el mercat actual, existeixen diferents tipus de solucions vers aquesta proposta, sobre les quals varia molt el preu, en funció de la potència necessària, el rang pot oscil·lar entre els 40€ fins als 250€. Cal a dir també, que la qualitat en aquests aparells és clau per al seu bon funcionament.

El fet d'implementar un mòdul previ capaç de realitzar les funcions ja esmentades, simplificaria molt el circuit a dissenyar, fent que només calgués implementar el circuit corresponent al balanceig, degut a que el circuit previ no seria necessari, i s'asseguraria la introducció exacte del paràmetre 1C dins la bateria.

Es va procedir a la cerca d'un d'aquests mòduls, però a data de Juny de 2018, aquest no estava disponible en estoc, i no assegurava el fet de poder realitzar el projecte.

El proposat seria el següent:

Cosel LFP240F-30-SNY



Figura 43. Mòdul alimentació previa FONT: rs-online

Cal a dir, que la potència nominal d'aquest, excedeix molt el que s'hauria de preveure com a potència necessària per a l'alimentació del circuit. El mòdul trobat, té una potència nominal de 300W, i per al circuit, seria recomanable, que aquest element, pogués estar sobre els 50W.

Aquest fet, també va ser una característica a tenir en compte alhora de posar-ho en l'apartat de millores. Podria ser una solució, buscar un altre amb més amperatge, i que es pogués regular, si aquest tingués menys potència.

A dia d'última data de prèvia a quan es van realitzar totes les simulacions, càlculs, muntatges, i proves de camp, encara no ho estava disponible per a la seva compra.

19.3. Control de tensió i temperatura

Com ja s'ha esmentat amb anterioritat en aquest projecte, no existeix un disseny únic com a tal. El fet de professionalitzar-lo més, i dotar al sistema d'un microcontrolador obriria un nou ventall de possibilitats de cara a les aplicacions que es podrien realitzar mitjançant l'ús d'aquest component.

L'aplicació d'un microcontrolador o microprocessador, podria dotar al sistema, de control automàtic. Així, s'implementaria aquest per a poder controlar la tensió en cadascuna de les cel·les, i actuar-ne en conseqüència. Evitar que aquesta tensió superés la màxima de la cel·la, i actuar desviant-ne el corrent de forma automàtica. Si es fes servir un microcontrolador més potent es podria també connectar i monitoritzar l'estat global de tensió, i no només individualitzar-lo pensant en cada bateria.

Cal incloure el fet de poder controlar també la temperatura, si es disposa d'un microprocessador amb les suficients entrades i sortides, es podrien afegir al disseny sensors de temperatura, per a tal de poder prevenir una deterioració de la bateria degut a un escalfament innecessari durant el procés de càrrega.

Comentar el fet de que molts dels sensors de temperatura d'avui en dia existents en el mercat, disposen també de detecció d'humitat en un mateix sensor. Podria ser una característica interessant a tenir en compte de cara al control, per a tal de poder allargar la vida útil de tot el conjunt d'elements, el fet de poder recopilar com més informació possible, i poder governar-la, en facilitaria el procés.

Cal comentar però que el fet d'emprar un microcontrolador o microprocessador, en comportaria la seva corresponent programació. Així doncs, podria ser interessant el fet de reutilitzar el propi microcontrolador que ja incorpora en si el propi dron, per a tal de poder volar.

Si no una altre solució viable seria el fet d'emprar un mòdul Arduino. Últimament s'han reduït molt els seus costos, i això sumat a que hi ha una gran comunitat de programadors darrere, faria viable en quant a programació la seva utilització. Una característica negativa en aquest cas, és que molts dels mòduls venen ja construïts, i per tema de disseny i mides possiblement, seria complicat adaptar-lo a les necessitats requerides.

19.4. Augmentar la velocitat de càrrega

Si es tenen en compte les característiques de la bateria escollida, es pot veure, que aquesta, es podria carregar fins a un valor de 2C. Tot i que per temes de seguretat és comú i recomanable realitzar la càrrega a 1C i 8A, podria ser interessant el fet d'estudiar la viabilitat de arribar als 2C i per tant consegüentment als 16A.

Això reduiria el temps de càrrega total del sistema, però exposaria els components d'aquest a un major risc, podent-los malmetre. Així doncs caldria també invertir més recursos tant en el disseny, com en els components emprats, elevant així el cost del conjunt.

19.5. Disseny d'entorns informàtics per a poder controlar externament l'estat del conjunt

Si finalment s'optés per a dotar al sistema d'un microcontrolador, seria interessant, poder dotar-lo també de comunicació de dades en doble sentit entre el propi circuit, i un entorn d'informàtica. Aquest entorn podria ser tant per a un ordinador, ja sigui en format escriptori o online, com per a una aplicació per a dispositius mòbils.

Per a poder desenvolupar aquesta funcionalitat nova, caldria dotar al sistema de la possibilitat de comunicar-se mitjançant comunicació Bluetooth, Wifi o en un cas molt més avançat i professional utilitzant la tecnologia NFC (Near Field Communication). Cal a dir, que emprar aquests elements, faria necessitat explícita, un augment del nivell de dificultat de la programació del microprocessador.

Si s'acabés desenvolupant aquesta idea, cal a dir, que el microcontrolador o microprocessador emprat, hauria de ser molt més potent, i amb molts més pins d'entrada i de sortida, que el necessari per a controlar la simplement la temperatura.

20. Anàlisi de l'impacte ambiental

A data 11 de Desembre de 2013, es publica en el BOE la llei 21/2013. El compliment d'aquesta llei rau en la necessitat i obligació de que qualsevol projecte ha de presentar una avaluació i estudi, de l'impacte ambiental que genera vers el medi el propi projecte. La llei està aprovada amb la finalitat de poder així controlar l'impacte amb el medi i reduir-lo en la mesura del possible.

Tot i poder realitzar l'impacte ambiental produït per al conjunt del dron en construcció, ja esmentat anteriorment, cal remarcar que l'anàlisi només detallarà tots aquells elements emprats en el muntatge del propi circuit dissenyat.

S'entén per impacte ambiental, tota aquella modificació o afectació que es pugui produir en el medi, ja sigui tant nociva com favorable de cara a aquest. Si parlem d'electrònica, i concretament en el muntatge de circuits, l'impacte ambiental es genera en dos parts, o processos.

El primer impacte ve generat en la pròpia fabricació dels components, per tant, una persona que els obté de forma comercial, només intervé en aquest cas com a consumidor, i no és responsable directe dels materials, i conseqüències, de l'elaboració dels diferents components electrònics. En canvi si es fa responsable de l'impacte que puguin generar, aquests components mitjançant l'ús donat.

En segona part tenim la implementació del circuit, un cop obtinguts els components del circuit. L'impacte ambiental, es genera tant en el muntatge, com en la utilització, com en la seva posterior destrucció, reciclatge o emmagatzematge després de la seva vida útil.

Per norma, tant en la fabricació, com en essència, tots els components electrònics, estan dotats d'elements, amb una elevada toxicitat; això representa perill envers el medi, la salut de l'usuari, i la salut pública.

En aquest apartat s'analitzaran els elements que s'han emprat en la fabricació dels propis components, per a tal d'així poder donar informació al respecte. Aquesta informació ens permetrà saber com actuar respecte a crear, tenir i desfer-se d'un circuit electrònic correctament.

Cal comentar que molts dels elements, amb els quals es creen els components electrònics, són inofensius per al medi ambient, però d'altres, tenen un gran impacte en aquest. Tot i així les quantitats emprades, no són excessives, però aquest fet no exclou, haver de tractar el medi com es mereix, i realitzar les accions i previsions necessàries per a tal de poder conservar-lo.

A continuació s'exposa mitjançant una taula els materials emprats en la fabricació i elaboració de cadascun dels components emprats en el circuit:

Component/s	Elements/Materials
Resistències	Carboni, Germani, Silici
Transistor	Germani, Silici
Transistor Darlington	Germani, Silici, Alumini
Amplificador Operacional	Germani, Silici, Alumini
Zener TL431	Germani, Silici, Alumini
LED	Germani, Silici (en alguns casos també s'empren Fòsfor, Bor, Arsènic)
Cable	Coure
Estany emprat en soldadura	Estany

Taula 6. *Impacte ambiental*

Com es pot observar en la taula anterior la gran majoria de components electrònics del circuit, basen la seva fabricació en Germani i Silici. Tot i així no s'ha de menysprear els altres elements emprats en la fabricació, ja que poden ser igual o més tòxics, tot i trobar-se en menys quantitat, que aquells més comuns a tots els components.

Principalment doncs, s'estarà treballant, amb components fets a partir d'elements que són altament nocius per al medi. Aquest fet pot desenvolupar, greus impactes, tant en el medi de forma immediata, com per a l'ésser humà. Sent en el cas de l'usuari en algun cas de forma immediata, o per a la resta, en un període de temps és a llarg termini.

Una de les primeres recomanacions a seguir, és el fet de poder reutilitzar sempre que es pugui els components emprats. Evitar-ne el seu llançament, fa primer de tot que l'impacte en el medi sigui menor, i que la demanda de productes electrònics a produir disminueixi. Reciclar sempre és una bona opció, tant si es mira de forma econòmica com si es fa pensant en reduir la petjada ecològica de cadascú i reduint l'impacte ambiental generat.

Cal comentar, que també genera un impacte ambiental el plàstic emprat. El plàstic no forma part de la fabricació dels components en molts dels casos, però es fa servir, per embalar-los, transportar-los, etc. És un altre element a tenir en compte, tant en la utilització, com en el seu reciclatge posterior.

El fet d'emprar aquests components, pot provocar, tant en el seu ús, com en la seva implementació i desfeta, conseqüències en la salut tant d'humans com de la resta d'éssers vius. Es poden contaminar àrees verdes, rius, o petits ecosistemes, per el simple fet de no desfer-se d'un circuit electrònic, en un punt de recollida especialitzat un cop es dona per acabada la seva vida útil.

De cara a la salut pública les conseqüències que pot generar la implementació d'aquests materials poden ser entre d'altres:

- Marejos.
- Nàusees.
- Irritació en les vies respiratòries.
- Irritació intestinal i estomacal.
- Dificultats en la respiració.
- Disminució de glòbuls vermells.
- Sensació elevada de cansament.
- Desenvolupament de malalties, algunes d'elles greus com ara:
 - Migranyes.
 - Malalties intestinals.
 - Algun tipus de malaltia relacionada amb l'aparell digestiu
 - Algun tipus de càncer.

Així doncs per a tal de reduir l'impacte ambiental, és àmpliament recomanable el fet de reutilitzar i reciclar sempre que es pugui tant circuits com components. Reduir la petjada ecològica de cadascú, en petits detalls, pot aportar una disminució de gran abast en l'impacte ambiental global.

Conclusions

Com en tot projecte, arribat a la conclusió d'aquest, cal fer balanç i posar sobre la taula tots els esdeveniments i conclusions, als que s'han pogut arribar tant en l'elaboració del treball, com en la finalització d'aquest.

Primer de tot cal esmentar, que s'ha de dedicar molt de temps en la realització d'un projecte d'aquesta envergadura, sobretot si es vol fer bé, de forma pausada, i reflexionant cada pas i decisió presa respecte al projecte.

Cal a dir que antigament en diverses escoles de la UPC, no hi havia terminis màxims, alhora d'entregar el treball de final de grau, o en aquell moment final de carrera. El fet de que això ara no sigui així, i que només es disposi d'un aplaçament, un cop matriculat el projecte, acota molt el temps que un pot dedicar al treball, en moltes ocasions, menys del desitjat, si es que no es vol tornar a pagar matriculació.

Això sumat a que molts dels alumnes el fan durant període de pràctiques o feina, em porta a realitzar la següent recomanació. Es recomana àmpliament, el fet de realitzar únicament el treball, durant el temps que aquest duri, o si s'està treballant, realitzar un treball relacionat amb la feina.

Tot i així en el meu cas, les ganes que tenia sobretot en el tema escollit del treball, han fet que totes les hores dedicades valguin la pena, tant siguin aquelles en les que no s'avançava per a res, com aquelles, en les que es veia que el treball anava progressant, i s'assolien els objectius marcats a l'inici del projecte.

Això no treu que en molts punts, em plantegés deixar-ho, ja que veia que no s'aportava res nou d'una setmana per l'altre. El fet de poder parlar-ho tot amb els tutors i anar avançant poc a poc, va fer que al final no canviés de tema, ni el tornés a posposar.

Personalment he après molt més dels errors comesos durant el projecte, del que m'esperava. Tot i fer-me encallar en molts moments, realment han sigut els punts on de veritat he après on estaven els errors, i la manera de poder solucionar-los em portava a l'aprenentatge. Es recomana àmpliament la lectura de l'apartat 18 d'aquest projecte *"18. Errors en el procés de disseny."*

La satisfacció d'obtenir un circuit que funciona fa que finalment es vagi posant color aquells moments on tot semblava perdut, i no es veia cap manera de solucionar el punt on s'estava encallat.

Cal comentar, que el disseny escollit en aquest projecte, no és únic, i que s'incita a que es segueixi treballant en aquest tema per a tal de poder realitzar un muntatge millor del presentat en aquest projecte. L'electrònica no para mai d'evolucionar, i segur que d'aquí un temps, aquest muntatge és considerarà completament obsolet.

Poder haver aconseguit un circuit, capaç de carregar de forma balancejada una bateria LIPO, en aquest cas 6S, em semblava una cosa impossible del tot quan vaig començar la carrera, i en molts moments del projecte, semblava que ho deixaria a mig camí, que no ho aconseguiria i em semblava totalment inviable.

Un dels fets més positius que extrec de la realització d'aquest projecte, és el fet de poder treballar ara amb garanties de coneixement, sobre dos nous programes de software electrònic, com són EAGLE i PROTEUS, sobretot en el tema referent a esquemes i circuits. Ha sigut un aprenentatge difícil, sobretot degut a que cadascun té les seves peculiaritats, i cal adaptar-se a ells, però un com s'aprenen a fer servir, són realment molt útils.

Caldria dir també en aquest apartat de conclusions, que tot i ser un tema que es podria considerar d'actualitat, no hi ha gaire informació disponible sobre les bateries, i el fet de poder accedir mitjançant els recursos de la Universitat, a altres treballs de final de grau de companys, aporta informació externa, i altres punts de vista, que sempre són benvinguts. Ja siguin treballs que parlen de reaccions dins d'una bateria, o treballs que expliquen el procés de càrrega d'una bateria de moto elèctrica.

La sensació, tot i dedicar-hi molt més temps de l'esperat, i trobar-se amb més errors comesos que impediaven avançar dels que es podien en un inici preveure, és positiva. La sensació final és correcta i valorable positivament degut a que es pot considerar que s'ha après més en l'elaboració d'aquest projecte del que en un principi es podia esperar.

Bibliografia i Webgrafia

Llibres

- Prat, L.; 6a ed. 1999. Circuitos y dispositivos electrónicos. Fundamentos de electrónica. ISBN: 848301291X
- Ronald, J. Tocci.; 3a ed. 1985. Circuitos y dispositivos electrónicos. Traducció: Bustamante Ramos, A.; Refugio Salas, C.; ISBN: 9682509645
- Boylestand, R.; 10 ed. 2009. Electrónica : teoría de circuitos y dispositivos Electrónicos. ISBN: 9786074422924
- Ballester, E; Piqué, R.; 2011. Electrónica de potencia. Principios fundamentales y estructuras básicas. ISBN:978846716699

Webgrafia

- Diotronic S.A. per a la busca i disponibilitat de components electrònics. Enllaç corresponent: <http://www.diotronic.com/>
- Onda Radio per a la busca i disponibilitat de components electrònics. Enllaç corresponent: <http://www.ondaradio.es/>
- RS Components per a la busca i disponibilitat de components electrònics. Enllaç corresponent: <https://es.rs-online.com/>
- Alldatasheet per a la busca de les propietats i característiques dels components emprats. Enllaç corresponent: <http://www.alldatasheet.com/>
- Texas Instruments Datasheet del LM358. Enllaç corresponent: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/lm358.pdf>
- Texas Instruments Datasheet del TL431. Enllaç corresponent: <http://www.ti.com/lit/ds/symlink/tl431.pdf>
- Informació extra sobre els amplificadors operacionals. Enllaç corresponent: <https://www.neoteo.com/amplificadores-operacionales/>
- Informació extra sobre el component TL431. Enllaç corresponent: <https://www.neoteo.com/tl431-zener-ajustable/>

Altres documents

- Ferrer, D. 2011. Circuito para la medición de la carga y la salud de baterías. Treball final de grau.
- Revaliente, J. 2017. Disseny electrònic d'un carregador de bateries balancejat per a drons. Treball final de grau.
- Logroño, J. 2017. Cargador de batería para vehículos. Treball final de grau.
- Moreno, D. 2018. Disseny i construcció d'una plataforma docent per l'assaig de bateries electroquímiques. Treball final de grau.
- Cos, O. 2017. Carregador de bateries per a una moto elèctrica. Treball final de grau.
- Apunts de les següents assignatures de la carrera: Sistemes Electrònics; Electrònica de potència; Electrònica Analògica. Propietat de Bernat Ferré Pastor 2013-2018.

